

康复治疗技术系列丛书

# 脊髓损伤物理治疗学

丛书主编 励建安

主 编 许光旭 蔡可书

编 委 (按姓氏笔画排序)

王 盛 王文丽 刘元标 许光旭

李进飞 沈雪玉 张明玉 陈 程

范亚蓓 茅 矛 胡思学 夏 楠

蔡可书 黎景波

图片作者 蔡可书 柳 维 胡思学 秦义婷

黎景波 张文静 杨 剑

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

脊髓损伤物理治疗学/许光旭,蔡可书主编. —北京:电子工业出版社, 2019.1

(康复治疗技术系列丛书)

ISBN 978-7-121-33141-1

I. ①脊… II. ①许… ②蔡… III. ①脊髓损伤-物理疗法 IV. ①R744.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第299417号

策划编辑:崔宝莹

责任编辑:崔宝莹

特约编辑:汪英

印刷:

装订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱

邮编:100036

开本:889×1194 1/16

印张:20.5

字数:490千字

版次:2019年1月第1版

印次:2019年1月第1次印刷

定价:188.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件到dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:QQ 250115680。



# 康复治疗技术系列丛书

## 编写委员会

主任委员 励建安

委员 (按姓氏笔画排序)

王于领 (中山大学附属第六医院)

王红星 (南京医科大学第一附属医院)

王楚怀 (中山大学附属第一医院)

许光旭 (南京医科大学第一附属医院)

杜青 (上海新华医院)

李奎成 (宜兴九如城康复医院)

李勇强 (南京医科大学第一附属医院)

何成奇 (四川大学华西医院)

张志强 (中国医科大学附属盛京医院)

陈伟 (北京协和医院)

陈文华 (上海市第一人民医院)

陈卓铭 (暨南大学附属第一医院)

赵正全 (华中科技大学同济医学院附属同济医院)

贺小桦 (美国马尔默整脊医学院)

敖丽娟 (昆明医科大学第二附属医院)

覃俊杰 (深圳谱元科技有限公司)

窦祖林 (中山大学附属第三医院)

蔡文智 (南方医科大学深圳医院)

燕铁斌 (中山大学孙逸仙纪念医院)

## 编审委员会

主任委员 励建安 赵云峰

委员 周士枋 吴宗耀 张晓真

丛书秘书组 高秋野 王梦华



励建安，男，教授，主任医师，博士研究生导师。美国医学科学院国际院士。南京医科大学第一附属医院康复医学中心主任。1983 年获得南京医科大学运动医学硕士学位。1988—2001 年数次前往澳大利亚和美国等国学习。

曾任国际物理医学与康复医学学会主席，目前担任国家卫生健康委员会（原卫计委）能力建设和继续教育康复医学专家委员会主任委员，国家卫生健康委员会脑卒中专家委员会副主任委员，中国非公立医疗机构协会康复医学专委会主任委员，中国老年医学会副会长，华夏医学科技奖理事会副理事长，江苏省康复医学会会长，《中国康复医学杂志》主编，*Journal of Rehabilitation Medicine* 副主编。

擅长领域为心血管康复、神经瘫痪（脊髓损伤、脑瘫、脑损伤）康复、运动分析和运动控制障碍等。曾主持国家自然科学基金 4 项，国家“十一五”课题子课题 2 项，国家“十二五”支撑项目子课题 1 项，国际合作项目 6 项，江苏省科技支撑项目课题 2 项（1 项教学课题，1 项科普课题）。以第一和通讯作者在国内外学术期刊发表论文 365 篇（包括 SCI 文章 35 篇）；主编、副主编、参编教材和专著 64 部。培养已毕业硕士 40 人，博士 23 人；在读博士后 2 人，博士 16 人，硕士 5 人。获中华医学奖三等奖 1 项，江苏省科技进步二等奖 2 项和三等奖 1 项，江苏医学奖二等奖和三等奖各 1 项，2010 年获中国科协科技先进工作者称号，2014 年获第九届中国医师奖，国家优秀教师称号，国家卫计委脑卒中筛查与防治工程委员会“突出贡献奖”，被江苏省卫计委授予“江苏省医学突出贡献奖”。2016 年获江苏省卫计委杰出贡献奖和江苏省医学会终身医学成就奖，南京医科大学名医称号。

# 《脊髓损伤物理治疗学》

## 编委会

丛书主编 励建安

主 编 许光旭 蔡可书

编 委 (按姓氏笔画排序)

王 盛 (南京医科大学第一附属医院)

王文丽 (昆明医科大学第二附属医院)

刘元标 (南京医科大学第二附属医院)

许光旭 (南京医科大学第一附属医院)

李进飞 (东南大学医学院附属南京同仁医院)

沈雪玉 (南京市儿童福利院)

张明玉 (中国人民解放军东部战区空军医院)

陈 程 (苏州大学附属第三医院)

范亚蓓 (南京医科大学第一附属医院)

茅 矛 (南京医科大学第一附属医院)

胡思学 (江苏省人民医院栖霞康复院区)

夏 楠 (华中科技大学同济医学院附属同济医院)

蔡可书 (南京医科大学第一附属医院)

黎景波 (广东省工伤康复医院)

图片作者 蔡可书 柳 维 胡思学 秦义婷

黎景波 张文静 杨 剑



# 总 序

健康已经成为社会发展的主旋律。中共中央、国务院印发的《“健康中国 2030”规划纲要》强调要把健康融入所有政府部门的工作，要完善治疗—康复—长期照护服务链，要大力发展康复医疗机构等接续性医疗机构。不仅要把健康作为事业，也要把它作为国民经济的支柱产业，这是我国康复医疗工作发展的重要契机。“康复治疗技术系列丛书”正是在这样的大好形势之下诞生的。

本套丛书不仅可作为从事康复医疗的治疗师及与此相关的康复医师以及护士的参考书，而且还可以作为临床专业人员进行康复医疗知识和技能培训的核心教材。丛书各个分册的主编均来自康复治疗的第一线，并具有丰富的教学实践和专著编写的经验，是我国各个康复治疗领域的杰出代表，确保了丛书的先进性、科学性和实用性。

本套丛书以实用治疗技术为纲，不仅强调基本原理和操作规范，而且强调与临床实践相结合，并酌情纳入最新的技术发展概况。丛书内容涵盖康复治疗的各个领域，旨在形成中国康复医疗技术全书，引领康复治疗技术的发展。第一批出版的 19 个分册，包括：《运动治疗》《物理因子治疗》《作业治疗》《言语治疗》《假肢矫形器治疗技术》《吞咽障碍康复技术》《神经康复技术》《骨科康复技术》《脊柱康复技术》《脊髓损伤物理治疗学》《儿童康复治疗技术》《社区康复技术》《功能性贴扎技术》《康复科常用注射技术》《实用康复护理技术》《精神运动疗法》《肠道菌群康复技术》《康复与营养》《体外冲击波治疗技术》。以后将逐年出版新的分册。

电子工业出版社大力支持本套丛书的编写和出版，同时也将康复医学作为其重点出版方向，相信此举会促进我国康复医学事业和产业的发展。

当然，作为国内康复治疗技术方面的系列参考书，有数以百计的专家参与编写，在写作风格、内容和形式等方面不可避免地会存在缺陷和问题。期待各位读者和同道可以指出本套丛书存在的问题，不断帮助我们完善和提升丛书的品质，为打造精品参考书，为我国康复医学事业和产业的发展做出我们这代人的贡献，让人人享有合理的康复服务和健康人生不再是梦。

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, interconnected strokes.

2018 年 4 月

# 序 一

我们生活在飞速发展的时代，而医学界已经进入了精准医学的时代。也就是说，一旦患病或受伤，要求尽早应用包括影像学检查和功能评定的各种方法以做到精确诊断，并尽快按照病（伤）情采取有针对性的综合措施以实现精准治疗已成为可能。脊髓损伤正是如此。虽然脊髓损伤不是一种高发疾病，其发病率为每 100 万人 15 ~ 40 例，但在我国目前已有百万计的患者，并且还在不断增加。

脊髓是传递大脑运动信息至外周，并将感觉信息传至大脑，是上下相连、内外相依，中枢和外周神经相互通达的、控制全身各种功能的“必经之路”，因此脊髓需要有充分的保护。解剖结构上脊髓有脊椎骨和硬膜、蛛网膜、软膜以及韧带和强有力的肌群等提供的保护，所以一般不易受损；而一旦损伤，特别是完全性损伤所造成的功能障碍影响至深。患者与家属均希望了解运动和感觉功能恢复的确切信息，以期盼有良好的恢复。有若干指标可以大致预测功能恢复的可能性。例如，没有颈椎骨折的中央束综合征多见有神经功能的恢复；磁共振无异常信号增强改变的脊髓损伤恢复可能性较大；膀胱和肠道自主功能恢复在损伤后 72h 评估较 24h 有更好的预测性；另外，还可以结合 Frankel 及 AIS 评估结果对运动功能恢复进行更准确的预测。遗憾的是，由于对完全性损伤的脊髓神经再生问题尚存争议，至今也没有充分的功能恢复循证依据，故一旦脊髓完全损伤即成终身遗憾。为了降低脊髓损伤的高致残率，减少并发症或减轻并发症所造成的不良后果和影响，脊髓损伤成为康复医学领域的重点工作对象之一。

脊髓损伤的原因很多，且不同时间、不同地点、不同种族人群的损伤原因也各异。创伤性脊髓损伤的病因有车祸、高处跌落、暴力、运动意外和其他，非创伤性脊髓损伤的病因有脊髓炎、多发性硬化、脊髓血管病变、椎间盘病变等。创伤性脊髓损伤重在预防，而一旦发生，急救期科学搬运也是重要环节，不当搬运常可加重脊髓损伤。作为康复医学工作者必须要广泛宣传如何正确搬运可能存在脊髓损伤患者的方法，且责无旁贷！这也是康复预防的主要内容之一。

康复治疗对脊髓损伤的患者有非常重要的影响。对不完全性损伤患者来说，康复治疗可促进损伤肢体的功能提高；而对完全性脊髓损伤患者，康复治疗在提高患者运动功能的同时，还可预防关节僵直和肌肉萎缩，保持良好体型，对患者的心理支持也会起到很大的作用。对并发症的预防和治疗，如挛缩、压疮、肺部感染、膀胱和直肠功能障碍、外周血管栓塞、骨质疏松和心肺功能的减退等，既有一般的临床处理原则，又有专门的康复技术，这些都是提供良好康复治疗的体现和保障。精准治疗还要求我们每一位参与康复的医务人员都要具备良好的素质：包括既具有丰富的康复治疗技术，又具有一定的临床知识。在治疗手段中还要突出中国传统的康复治疗方法，要做到“患者至上”，一切以患者为主，突出康复治疗的趣味性，以提高患者参与的积极性。这些工作是脊髓损伤患者康复治疗的精髓，都要给予重视和宣传。本书就是为了适应这一需要而出版的。




本书编者都是从事康复医学多年的专业工作者，特别是对脊髓损伤的康复治疗有极其丰富的经验。他们经常参与国际、国内学术会议，参加和举办学习班，出国访问，坚持科研，积累了大量的宝贵资料和技能，并毫不吝嗇地分享给有志从事脊髓损伤康复治疗事业的同仁。本书图文并茂，通俗易懂，治疗技能解说清楚；不仅能给专业技术人员提供最优的参考资料，同样也能给患者和家属提供照护方法，促进从医院到社区和家庭的无缝转介，可明显提高脊髓损伤患者的治疗和照护质量，为他们创造自由生活的蓝天。

敢问路在何方？就在脚下！我诚挚地期望着。这些都依赖于大家的努力。让我们不断锐意进取、开拓创新，为“圆”完美的、理想的“康复梦”而共同努力吧！

以此为序。

南京医科大学第一附属医院终身教授

A handwritten signature in black ink, appearing to read '周屹峰' (Zhou Yifeng), written in a cursive style.

2018年4月



# 序 二

写序不同于审稿。前者偏重于宏观评论，后者则侧重于微观处理。根据这一理解，我发表一些粗浅的意见。

对脊髓损伤医治非常有经验的英国医生 Frankel 教授说过，处理脊髓损伤很难、很费钱，其方法有三种：

第一种是不予处理，等待死亡。如果认为这种方法是人道的、可接受的，那么你可以这么做（语带讥讽）。这种方法最省钱。

第二种是如果要正确处理，则会很费财力、物力和人力。但是，经过正确的抢救、护理和康复治疗，这些患者中的绝大多数能自立、成家、就业、为家庭和社会做贡献，成为纳税人。这种大投入是值得的。

最后一种方法是三心二意地进行处理。这样，患者就半死不活，并发症不断，因此，大量财力和人力被无谓地消耗。这是最昂贵的做法。遗憾的是，很多较贫穷、资源较缺乏的国家却偏偏采用这一方法。

很多人认为第二种只是空谈，是做不到的。可是就在 1980 年代，在我国已故骨科教授袁福镛的领导下，西安截瘫康复医疗中心就做到了。他因此受到了国际脊髓学会的高度赞扬和肯定。英国、美国等发达国家自第二次世界大战之后就开始发展脊髓损伤康复，目前已经建立了完整的脊髓损伤康复体系，患者经过康复后大多都可以回归家庭、回归社会。脊髓损伤的康复治疗需要良好的人道主义精神和奉献精神。近年来，我国康复医学发展迅速，很多脊髓损伤患

者可以接受较好的康复治疗，但总体上还有很多地区卫生投入不足，缺乏相关康复医学知识和技术，这还有待相关政策的改进来解决；同时，致力于脊髓损伤康复治疗工作的专业技术人员也要努力提高自己的专业知识和技术水平。

在励建安教授和许光旭教授的主持下，以南京医科大学第一附属医院康复医学中心为核心的同仁们撰写了此部《脊髓损伤物理治疗学》，适逢其时。这是我国目前比较全面的实用型的脊髓损伤康复治疗技术专著。该书对技术操作描写较细致，这增加了它的实用性，对一线工作人员（包括家属和护理人员）做好工作有很大的帮助。可以说，它是献给脊髓损伤患者、康复治疗师、家属和护理人员的一份美好的礼物。

英国皇家医学会高级会员

英国国家脊柱损伤中心（stoke mandeville）高级顾问



2017 年秋于英国

# 前言

脊髓损伤所导致的躯体功能与心理障碍是人类残疾的典型代表。2014 年世界卫生组织启动 “The Disability Action Plan”，选择脊髓损伤作为典型病例，会同国际脊髓学会开始实施 “International Perspectives on Spinal Cord Injury”，励建安教授和我代表中国参加了这项意义重大的活动。

1994 年初涉康复医学领域时，美国 Mayo Clinic 的 J.B.Closson 教授带领我走进了脊髓损伤的医学世界。1995 年当我通过函调方式通知在江苏省人民医院手术过的患者接受康复知识的免费宣教的过程中，发现在南京走访的几十位脊髓损伤患者的生存状态令人难以想象：巨大的压疮、膀胱感染、肢体萎缩等并发症比比皆是。即便进入 21 世纪后接触的大量的脊髓损伤患者，他们的生活状态也令我吃惊。国际脊髓学会会员、脊髓损伤患者文军先生曾经说过：“中国数以百万计的脊髓损伤患者生活在黑暗之中，他们没有欢笑，他们孤独无助，他们不知道外面的世界，彻底把自己封闭在一个小小的角落……”。

2012 年我在英国 The Midlands Centre for Spinal Injuries、The Robert & Agnes Hunt Orthopedic Hospital 做访问学者时，与留英前辈王大觉教授和国际脊髓学会前任主席 El Masry 教授等国际知名专家交往甚多，获益匪浅；也从该中心全方位、多学科的服务体系中看到我们未来的工作方向。另外，近 10 年脊髓再生干细胞移植如火如荼的现象所折射的医学、社会问题也成为我们首先要思辨的问

题。王大觉教授从哲学层面、进化论角度论述神经再生问题,认为“我们应该在重塑的基础上积极地进行康复,而不是幻想奇迹的发生”。

对于脊髓损伤康复训练与物理治疗如何进行,本书从脊髓的基础知识、运动康复策略、转移方法、坐-站-行训练措施、并发症的管理、轮椅与辅助具应用等方面做了全面阐述,是研究脊髓损伤康复的医务人员,尤其是物理治疗师不可多得的实用型参考书籍。同时,本书也是康复医师、护师以及患者与家属的一本极好的参考书,可以作为专业治疗指导用书,对其他专业、学科也有参考价值。

本书的编写也得到了王大觉教授的鼎力支持,我院副主任治疗师蔡可书在本书编写过程中付出了大量的心血,特表感谢。即便如此,由于编写团队认识与水平局限,特别是知识在不断更新,本书必然存在疏漏与错误,我们衷心地期待各位读者对本书的内容提出宝贵的意见,我们将持续改进!

南京医科大学康复医学院院长  
南京医科大学第一附属医院康复医学中心副主任



2018年夏于南京

# 目 录

## 第一章 脊髓损伤医学发展史 /1

## 第二章 脊髓损伤基础知识 /14

### 第一节 脊柱脊髓解剖 /16

### 第二节 运动、感觉和自主神经通路 /20

### 第三节 脊髓损伤的神经功能评估 /30

### 第四节 常见脊髓损伤综合征 /36

### 第五节 脊髓损伤的预后 /42

### 第六节 脊髓损伤的相关问题 /42

### 第七节 心理健康 /48

### 第八节 脊髓损伤和颅脑外伤 /49

### 第九节 脊髓损伤老龄化问题 /49

## 第三章 脊髓损伤物理治疗的管理体系 /51

### 第一节 评估疾病损伤、活动障碍及参与受限情况 /52

### 第二节 物理治疗目标设定 /66

### 第三节 鉴别关键问题 /76

### 第四节 康复治疗方案的修订 /77

### 第五节 康复疗效评估 /78

## 第四章 四肢瘫患者的呼吸功能训练 /80

### 第一节 概述 /80

### 第二节 呼吸功能评估 /93

### 第三节 呼吸功能康复治疗 /97

### 第四节 未来研究方向 /112

## 第五章 四肢瘫患者手功能训练 /114

### 第一节 手功能治疗原则 /114

### 第二节 腱式抓握 /116

### 第三节 手术功能重建和功能性电刺激技术的应用 /123

## 第六章 截瘫患者转移和垫上活动 /124

### 第一节 无支撑坐位 /124

### 第二节 垫上翻身 /128

### 第三节 卧坐转移 /129

### 第四节 垂直撑起 /132

### 第五节 转移 /136

### 第六节 影响患者运动能力的其他因素 /145

## 第七章 截瘫患者站立与行走 /146

### 第一节 脊髓损伤患者步行功能预期 /146

### 第二节 站立训练 /149

### 第三节 完全性脊髓损伤患者步行功能的实现 /150

### 第四节 下肢不全瘫患者的步行策略 /157

### 第五节 功能性电刺激在脊髓损伤步行功能康复中的应用 /163

### 第六节 康复机器人在脊髓损伤步行功能康复中的应用 /164

## 第八章 脊髓损伤运动训练策略 /166

### 第一节 运动控制和运动学习理论 /166

### 第二节 运动训练原则 /168

### 第三节 运动相关因素分析 /169

### 第四节 动作分解 /169

### 第五节 特殊技能训练 /172

### 第六节 运动训练的实施与强化 /173

## 第九章 肌力训练 /176

### 第一节 肌力评估 /178

### 第二节 肌力训练 /182

### 第三节 慢性期提高肌力表现的方法 /189

## 第十章 心血管功能训练 /190

### 第一节 心功能评估 /192

### 第二节 脊髓损伤患者心血管系统的运动反应 /193

### 第三节 运动处方 /196

### 第四节 社区康复锻炼 /198

## 第十一章 疼痛治疗 /200

### 第一节 疼痛定义 /200

### 第二节 对疼痛认识的现状 /201

### 第三节 脊髓损伤相关疼痛的分类 /201

### 第四节 脊髓损伤后的疼痛评估 /203

### 第五节 脊髓损伤后疼痛的应对策略 /208

### 第六节 疼痛治疗策略 /213



第七节 心理社会因素在慢性疼痛中的作用 /214

## 第十二章 关节挛缩的防治 /215

第一节 关节挛缩发生的机制 /215

第二节 关节挛缩的影响 /215

第三节 关节挛缩的评估 /217

第四节 关节挛缩的预防和治疗 /217

第五节 关节挛缩的常见因素及预防策略 /221

第六节 预防和治疗挛缩需权衡利弊 /223

第七节 挛缩治疗应以改善功能为目标 /224

## 第十三章 轮椅坐垫、轮椅及附件 /225

第一节 轮椅坐垫 /225

第二节 手动轮椅 /230

第三节 电动轮椅 /243

## 第十四章 轮椅操控与汽车驾驶 /249

第一节 手动轮椅操控 /249

第二节 电动轮椅的选择与操控 /260

第三节 脊髓损伤患者驾驶汽车 /262

## 第十五章 脊髓损伤研究和康复治疗最新进展 /264

## 附录 /272

附录 A 上肢肌肉的神经支配 /272

附录 B 下肢肌肉的神经支配 /275

## 参考文献 /277

## 索引 /299

## 后记 /307



# 第一章

## 脊髓损伤医学发展史

脊髓损伤由来已久，其历史可追溯到古埃及时期，很多史籍都有关于护理经受磨难的脊髓损伤患者的详细记载。本章按照历史顺序从古至今逐步介绍脊髓损伤护理的发展，然后再对外科手术、康复、教育和脊髓再生做重点陈述。医学科学发展到今天，脊髓功能障碍患者也能够接受和脊髓损伤患者一样优越的医疗服务，但脊髓功能障碍不在本文讨论范围之列。

### 一、古埃及

古埃及莎草纸产生于公元前 3000—公元前 2500 年，是古埃及最真实可信的记录载体。用莎草纸记录的《埃德温·史密斯纸草文稿》（图 1-1）非常可能是古埃及医生伊姆霍蒂普（Imhotep，亦称印何阗，图 1-2）在公元前

1600—1700 年所著的人类史上第一部医学著作。芝加哥大学著名的埃及古物学家詹姆斯·布雷斯特德（Jamth Brested）花了 9 年时间对伊姆霍蒂普的医学记录进行翻译（图 1-3），记录精确地描述了完全性颈髓损伤的特点，并观察到对受伤椎体最好的治疗是休息和支持，因此这也成为了布雷斯特德对古埃及学研究最突出的贡献。对脊髓损伤的描述在该记录第 29~33 份和第 48 份文件中被发现。第 31 份文件这样陈述：如果你检查一个颈椎椎体脱位的患者，你将会发现他因为椎体脱位而四肢失去知觉，小便在不知不觉中流出来，他的肉体遭遇了风寒，眼睛充血，这便是颈椎某一椎体后伸脱位引起的四肢感知觉缺失。如果是中间的



图 1-1 埃德温·史密斯纸草文稿



图 1-2 伊姆霍蒂普

Translation

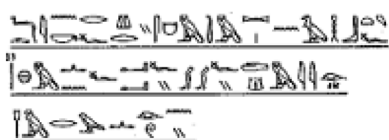
If thou examinest a man having a crushed vertebra in his neck (and) thou findest that one vertebra has fallen into the next one, while he is voiceless and cannot speak; his falling head downward has caused that one vertebra crush into the next one; (and) shouldst thou find that he is unconscious of his two arms and his two legs because of it, (conclusion follows in diagnosis).

Commentary

𓂏𓂏𓂏𓂏, "crush" is explained in Gloss A.  
𓂏𓂏𓂏𓂏, "has fallen," is an unusual application of the common verb "fall," and is perhaps peculiar to surgery. The explanation in Gloss A shows that it means "penetrate," the force of the man's fall driving one vertebra into the next.  
𓂏𓂏𓂏𓂏, "speechless, voiceless," has been explained in Case 22, Gloss C (VIII 16-17).  
𓂏𓂏𓂏𓂏, "be head downward," is discussed in Gloss B (XI 15-17).  
𓂏𓂏𓂏𓂏, "be unconscious," literally "not to know," employed to indicate paralysis of arms and legs, has been discussed in Case 31 (X 18).

DIAGNOSIS

XI 12-13



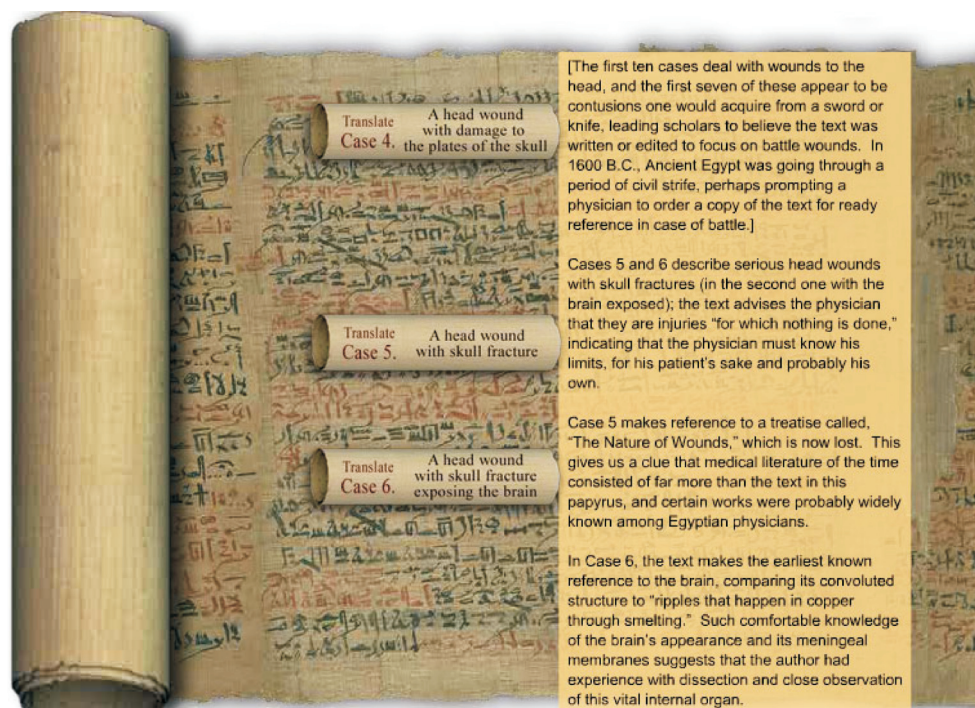
Translation

Thou shouldst say concerning him: "One having a crushed vertebra in his neck; he is unconscious of his two arms (and) his two legs, (and) he is speechless. An ailment not to be treated."

Commentary

The terms will all be found discussed above, except 𓂏𓂏𓂏𓂏, which is treated in Gloss A. It is interesting, and grammatically important to notice that the n-form of the verb, 𓂏𓂏𓂏𓂏, is employed with a permissive meaning parallel with that of the following pseudo-participle (𓂏𓂏𓂏𓂏).  
Verdict 3 indicates that there is no hope of recovery. See Case 5 (II 15). It is therefore, as usual, followed by no directions for treatment.

22



CLOSE



TEXT



ZOOM

图 1-3 《埃德温·史密斯纸草文稿》翻译稿



椎体脱位，患者的阴茎会疲软。可以说：“一个颈椎椎体脱位的患者会出现四肢无知觉、小便失禁，这是一种无法治愈的疾病”。

第 33 份文件的描述也非常类似。这些文件都对继发于颈椎骨折之后的完全性颈髓损伤的基本症状进行了描述：四肢瘫、感觉完全缺失、小便失禁、阴茎持续勃起、无意识的射精以及因血管控制缺失导致的结膜充血。

虽然古埃及人已经掌握了颅骨骨折外科减压和骨折修复技术，但他们没有对脊髓损伤进行手术尝试。他们用青铜导管引流小便，并描述了压疮。

## 二、古印度

在公元 3 世纪或 4 世纪，印度外科学 *Sushruta Samhita* 一书中记载着多种脊髓损伤的治疗方法。颈椎脱位的治疗方法包括手法复位、绷带固定、支具和卧床休息。下部脊柱骨折必须制动固定，患者被放在平板上并用绳子绑在 5 根钉子上。该书作者也认为脊柱骨折是不可治愈的。吠舍（Vaidya，公元前 4 世纪，现译为吠奢，是印度四姓之第三阶级，指从事农业、畜牧、手工业、商业等生产事业的一般平民阶级。公元前 6 世纪到公元前 5 世纪的古代印度，经济发展迅速，尤其是手工业和商业非常发达，促进了城市的繁荣）当时已经能够通过临床检查和听诊区别几种压疮。

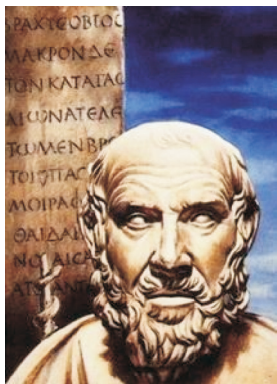


图 1-4 希波克拉底

## 三、古希腊

医神埃斯科拉庇俄斯（Aesculapius）被认为是太阳之神阿波罗（Apollo）之子，古希腊人对他的宗教崇拜远起于对医学科学的认识。后来希波克拉底（Hippocrates，古希腊的名医，被称为“医药之父”；图 1-4）把医学从宗教中分离出来，并将希腊医学发展到非常高的境界。他周游古希腊和古埃及的经历极大地影响了他在医学上的成就，他创造了一种被称为“绑在梯子上”的技术（亦称“希氏长凳（Hippocrates Bench）”；图 1-5）。希氏疗法思想基于“自然界所赋予之治疗力量”，着重于促进自然恢复过程，并相信“休息及制动乃治病之头等要事”）以及其他几种牵引方法治疗脊髓损伤。他对不同截瘫水平所表现的大小便功能障碍、压疮、骨病[主要是因为肌肉萎缩、骨骼畸形所致的骨骼突出现象（驼背）或脊柱侧凸等]和继发性寒性脓肿（Pott 病，即脊柱结核）进行了描述。他在书中明确写到：“据我所知，还没有哪个脊髓损伤患者的骨病因绑在梯子上而重新恢复变直，这一技术主要被那些想用新奇技术迷惑民众的医生所用……所以，继续盲从此技术的医生都是愚蠢的。”这说明外伤性骨病是不可治愈的。在《脊柱解剖》一书中，希波克拉底非常详细地描述了脊柱关节、神经、血管、脊髓鞘膜、肌腱和肌肉等。关于损伤，

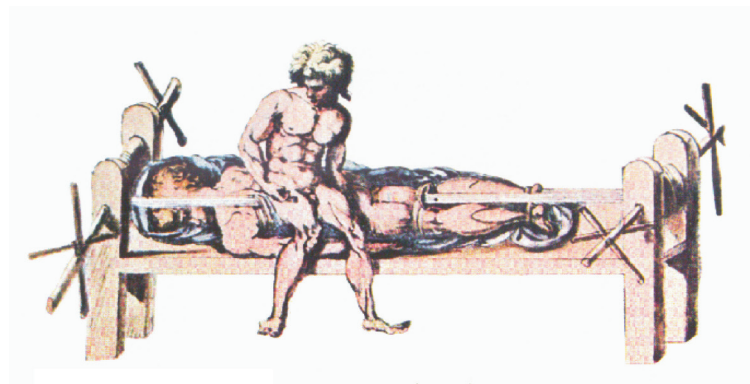


图 1-5 希氏长凳

他这样描述：“就椎体移位来说，那是不常发生的。事实上，一个或多个椎体相对另一个椎体发生移位的情况确属鲜见。这种伤害不容易发生，因为椎体不容易发生后移，除非是从腹侧方向来的巨大打击力（这种巨大的打击力都是致命的），或从高处跌落，臀部或肩部着地（此种情况下伤者即使死亡，也不是马上）。如果脊柱在椎体移位处弯折，即使很小的伸展角度都会导致移位椎体压迫并伤害脊髓，进而导致一些重要器官感觉迟钝和其他严重后果。”

希波克拉底反对给脊髓损伤患者施行外科切开复位术，赞成自然愈合。他认为椎体前移往往是致命的，即使不死也会严重削弱上下肢力量（四肢瘫），导致躯体麻痹、尿液潴留等。他用增加在长凳上制动的时间和其他制动方法预防畸形，尤其是预防驼背的发生。希波克拉底没有区分外伤和疾病引起的截瘫，认为二者治疗方法相同。

希波克拉底建议除非在使用酒或药物贴敷外，应该保持压疮溃面干燥、暴露、通风。他用果汁、蜂蜜、醋、油、铅、明矾、莲花等局部施药治疗压疮，还推荐使用干净水或煮过的河水冲洗伤口。对于较小的溃疡，可先用醋清洗后，再用妇女的头发进行缝合。在希腊医学界，尤其是亚历山大医学校毕业的希腊医生，

都深受罗马医学的影响。

#### 四、古罗马

公元1世纪，塞尔苏斯（Aulus Cornelius Celsus，罗马百科全书编纂者；图1-6）在他的论著《医学论》（*De Medicina*）中简要讨论了脊髓损伤，尤其是棘突骨折。对不完全性脊髓损伤，他推荐使用希波克拉底的牵引技术促进椎体复位，而完全性脊髓损伤患者通常都会死亡。

盖伦（Claudius Galenus，公元131—201年，古希腊名医及有关医术的作家，图1-7）是公元2世纪罗马教皇马克·奥里斯（Marcus Aurelius）的御医。他沿用希波克拉底的方法，并在其基础上发展了很多新的医疗技术。作为经验医学的创始人，他写了400余篇论著，详细描述了脑、脊髓、四肢和腰骶神经丛的解剖结构，准确预测了脊髓半切综合征（Brown-Sequard's Syndrome）。他还对第一、第二颈椎椎体的损伤情况进行了描述，认为那是非常致命的，认为第三、第四颈椎损伤会导致呼吸停止；另外还描述了其他较低节段脊髓损伤的特点。盖伦相信膀胱排空是通过腹肌收缩完成的。其后的多位杰出学者如温塞留斯（Andreas Vesalius，1514—1564年，中世纪欧洲佛兰德



图 1-6 塞尔苏斯



图 1-7 盖伦

地方医生及意大利帕度亚城的解剖学教授，1543 年出版了《人体结构》第 7 卷）和阿尔布雷克特·凡·哈勒（Albrecht von Haller）等传播此学说达几个世纪之久。

奥利伯希斯（Oribasius，324—400 年，著名内科医生和医学著作家），公元 4 世纪生于希腊，后应凯撒大帝朱利安的邀请去了罗马，朱利安请他编译希腊医典。在罗马期间，他对希波克拉底使用长凳矫正脊柱畸形的技术进行了改良，改用灵活且牢靠的固定方法。

埃吉纳岛（Aegina，希腊东南沿海的岛屿）上的保罗（Paul，625—690 年）也在希腊和罗马都做过医生。他编写了数部著作，其中一部介绍了希波克拉底关于脊髓损伤的治疗技术，但他建议后期减少限制椎体移位的夹板治疗技术，故被认为是脊柱椎板切除减压术和激进的骨折碎片清除术的创始人。这些技术的发明和创新正如希腊文化一样影响着罗马后期文明。

## 五、中世纪（476—1453 年）

随着原始部落对罗马帝国的逐渐入侵，科学的地位也逐渐被迷信和愚昧取代。这一时期，犹太医学可能独占当时的医疗地位。在 17 世纪，随着阿拉伯和穆斯林文化的兴盛，从古希腊、拉丁、波斯以及古印度典籍翻译了很多

著作。波斯医生阿维森纳（Avicenna，980—1037 年；图 1-8）致力于翻译和著书，一生共编撰了约 100 部医学典籍，其中流传最广的是他的医学巨著《医典》。该书共 5 卷，后被译成拉丁文，在欧洲接下来的近 6 个世纪的时间里，都被作为医学院校的主要参考书。

在脊髓损伤方面，阿维森纳沿用保罗的方法，把患者俯卧位固定，并站到患者背上用脚跟踩其骨突部位以恢复胸腰椎移位；把患者颈椎伸展位仰卧固定，加以支具固定以恢复颈椎移位。阿拉伯医学家摩西（Moses Maimonides；图 1-9）在营养学、卫生学和毒理学方面留有著作。他延续了阿维森纳的思想体系，其 1199 年出版的书对截瘫和相应的神经症状进行了描述。另一位阿拉伯医学家阿尔布卡西斯（Albucasis）也建议取出椎管内的骨骼碎片。

当时的西医还处于初级状态，医疗工作不是由医生，而是由僧人或修道士实施，他们使用宗教仪式、草药、药膏、泡酒等治疗疾病。尽管在当时人们引经据典数次修订医学，但关于脊髓损伤医学却没有任何记录。

## 六、文艺复兴早期

直到 13 世纪，萨勒诺医学院才引导欧洲



图 1-8 阿维森纳



图 1-9 摩西



医学走出黑暗时期。君士坦丁那斯的阿非利加努斯（Africanus，1010—1087 年）学习阿拉伯语并从事希腊—阿拉伯医学，帕尔玛的罗兰（Roland）1020 年在萨勒诺编写了《外科》一书。他摒弃了希波克拉底的长凳，转而用一些新方法治疗脊髓损伤。颈椎椎体移位者取坐位，医生用吊住患者头发或用布带绕过患者下巴向上牵引的方法复位；胸腰椎椎体移位患者取仰卧位，医生和助手分别在其腿部和上半身施加相反的牵伸力进行复位（即手法牵引治疗脊椎骨折，罗兰首先提出并强调早期治疗的重要性）。在这一时期，法国和意大利几位著名的作者出版了一些完整的脊髓损伤医学书籍。在拉丁文和希腊文书籍逐渐被翻译为法文和英文的同时，科学、数学和哲学同时也在西欧蓬勃发展。

## 七、文艺复兴后期

埃吉纳的保罗（Paul）1465 年出版的著作推荐一种减轻脊柱骨折的方法：一名助手施牵伸力于患者上肢，另一名助手施力于患者下肢，以相反的力进行牵伸时，施术者直接按压骨折部位。阿姆布鲁斯·帕雷（Ambroise Pare，1510—1590，法国 16 世纪著名外科医生，现代外科奠基人之一）是一名激进的外科医生，他于 1564 年著书《外科十书》。作为一名从理发师转型而来的外科医生，他参军行医，并进步为连续四届王朝的首席外科医生。他采用希波克拉底把患者俯卧于长凳上减压的技术并对其进行了改良，但他警告说操作过程中可能会有更大伤害。脊柱骨折主要使用支具固定，患者须仰卧躺在床上相当长的时间。帕雷重新翻阅了保罗的著作，恢复使用椎板切开减压技术减轻骨折对脊髓的压迫。对棘突骨折，他仅推荐在患者疼痛的情况下手术去除骨折碎片。如果骨折处尚有软骨相连，且无疼痛，他会先用手法复位后再用夹板固定至骨折愈合。治疗

颈椎椎体移位，他曾经尝试在助手按住患者肩膀时用双手拉住其双耳旁向上牵引头颅，然后轻轻转动其头部，移位就会减少，最后在肩部缠上绷带固定。法国医学界延用帕雷这一技术很长时间。事实上，让·弗朗西斯·卡洛特（Jean Francois，Calot）在 19 世纪还在使用这一技术。伐里瑟斯·希尔戴斯（Falicius Hildans，1560—1634）用螺丝夹钳固定的方式对颈椎复位，并在一些病例中去除骨片，修复肌腱。

## 八、17 世纪和 18 世纪

直到 17 世纪和 18 世纪，欧洲才逐渐允许人体解剖，尽管这是一大进步，但脊髓损伤的医疗技术依然处在低级阶段。帕雷的技术经过改良后在德国、荷兰、英格兰得到广泛应用。1753 年，法国的葛洛德（Gelaud）从患者腰椎取除毛瑟枪弹而部分缓解了患者的症状。10 年后，法国另一位医生刘易斯（Louis）取出了一位截瘫军官椎体上的一块金属碎片，使其最终痊愈。椎板环切术由肖波特（Chopart，1743—1795 年）和迪索尔特（Desault，1744—1795 年）提出，后者甚至推荐使用薄层环切技术给隐匿性骨折进行椎管减压。1762 年，安特林·刘易斯（Antrine Louis）取出了一位患者嵌在脊椎上的一颗子弹。1793 年，塞梅林（J. Soemmerring）写了一本关于脊柱脱位和骨折的图书（*Bemerkungen ueber Verrenkung uns Bruch des Ruckgraths*）。18 世纪下半叶，琼·刘易斯·派缇特（Jean Louis Petit）写了一部专著《骨骼疾病》，他提出的方法几乎成了随后半个世纪唯一使用的技术，他通过过度屈曲脊柱分离棘突的方法减轻骨折。劳伦兹·海斯特（Lorenz Heister）是德国外科医生里面的领袖人物，他把派缇特仅用于治疗胸腰椎损伤的技术扩展到颈椎损伤领域。德国的亨卓弗斯基（Hunzovsky）用悬吊的方式使颈椎过伸以治疗颈椎损伤。



## 九、19 世纪

19 世纪，解剖学、病理学、生理学和外科学获得了长足的发展，医学成为一个完善的科学体系。奥里（Ohry）和奥里·科萨索（Ohry Kossoy）在《加里练神经学史》一书中回顾了 19 世纪脊髓损伤医学的发展史。阿斯特利·库珀公爵（Astley Cooper）对马尾神经损伤进行了详细描述并介绍了治疗方法，他还认为脊柱骨折或移位都可导致截瘫，并分别给出了相应的治疗方法。1860 年，布朗·希夸特（Brown Sequard）描述了由于脊髓血管变化而导致的不同脊髓损伤类型。1881 年，威廉姆·噶尔（William Garr）公爵提出四肢瘫（Quadriplegia）一词后，脊髓损伤才区别为胸腰椎截瘫和颈椎损伤四肢瘫。

约瑟夫·李斯特（Joseph Lister, 1827—1912 年）的灭菌消毒技术使得外科手术感染率和死亡率大大降低。此后，脊柱损伤领域的外科手术治疗更加常见，学科发展显著。

1815 年，克莱恩（H. Cline）推荐了一个颇具争议性的新手术方式：去除骨折移位处的碎裂椎体和椎板（椎板切除术）。由于椎板切除术会降低脊柱的稳定性，波里尔（Burrell）于 1887 年用石膏夹克固定术后脊柱。此后，该石膏夹克也用于手法复位保守治疗的患者。1895 年，维克特·霍斯雷（Victor Horsley）公爵在英国医学会展示了他在脊柱结核治疗方面所取得的成果。

历史有两位伟大的战争领袖都因枪伤及脊髓不治而亡。1805 年，英国海军司令劳德·纳尔逊（Land Nelson）上将在特拉法加海战中中枪数小时后身亡。1881 年，詹姆斯·加菲尔德（James Abram Garfield）——美国的第 20 位总统，中弹后 3 个月内死去。

## 十、20 世纪

在 20 世纪初，脊髓损伤的预后仍较差，

尽管如此，由于巴斯特（Bast）和李斯特（Lyster）在细菌学和消毒技术上的推进，以及伦琴（Roentgen）发明的 X 线和乙醚麻醉等科学技术的发展，脊髓损伤恢复在很大程度上得到提高。在两次巴尔干战争（The Balkan Wars）（1912 年和 1913 年）中，脊髓损伤的死亡率依然高达 95%。哈维·库欣（Harvey Cushing）报道称战争中 80% 的颈髓损伤患者死于 2 周之内，较低位置的不完全损伤患者可能得以生存。英国军队的报告结论相同，在内战时期，脊髓损伤的预后依然没有太大起色，幸存者都过着悲惨的残疾生活。

脊髓损伤医学的发展在 20 世纪下半叶发展迅速，分别在外科学、康复、教育、泌尿学、药理学和一些特殊方向如脊髓神经再生理论研究方面都有重大突破。

**1. 外科学** 1902 年，意大利外科专家路伦佐·博诺莫（Lorenzo Bonomo）在前人的基础上发展了半椎板切除术。1905 年，哈维·库欣（Harvey Cushing）提出了脊髓损伤的治疗策略，并在每个案例中给出了其适应证和禁忌证。其后，又针对是否有神经压迫发展了脊髓切开术和脊髓造影技术，以及神经细胞移植技术（自体移植或胚胎细胞移植）。

很多先进的外科矫形手术都能在矫形学和神经外科学文化中找到其根源，外科矫形器械和设备如夹板棒、固定器、丝线、螺丝、咬合钳、金属板、夹钳、钩、骨水泥等应运而生。针对脊柱的各种手术方式如经胸腹式、经口鼻入路、经喉入路、经腹入路、喉镜、腹腔镜等开始应用。椎板切开术、椎板切除术、椎间孔镜技术、关节融合术和骨移植技术等也相继开展。

第一次世界大战后，德国的佛斯特（Foerster）、法国的莱尔米特（Lhermitte）和雷鲁（Roussy）分别记录了德、法在脊椎医

学方面的经验。在 20 世纪 30 年代的美国，举世瞩目的变化开始发生，具有普外科和泌尿外科医学背景的神经外科医生唐纳德·蒙罗博士（Donald Munro; 图 1-10）对脊髓损伤颇感兴趣，并在波士顿城市医院建立了第一家专业的脊髓损伤医疗机构。他不遗余力地促进脊髓损伤康复医学的发展，同时还把患者在社会经济领域方面的需求考虑进来，所以很多人认为蒙罗医生是真正的现代脊髓损伤医学的奠基人。但学界内对此也有异议。德国的外科医生克鲁格（Kluger）认为对脊髓损伤患者的救治在第一次世界大战之前德国就开启了相关工作，只是由于战争原因，德国医务人员在战后遗失了救治资料，很多经验就此废弃了。德国人威廉·瓦格纳（Wilhelm Wagner, 1848—1900 年）在 19 世纪末就在工业城市 Konigshutte 建立了一家脊髓损伤救治单元，主要治疗对象为因隧道塌方而受伤的矿工。第一次世界大战时，神经病理学家马尔伯格（Marberg）就和兰兹（Ranzi）就提出了应该对外伤性脊柱损伤患者进行早期手术，后期需严密监管患者的膀胱和皮肤护理工作，还提出了物理治疗，并鼓励患者尽量回家生活等。同时法国的医学专家也展开了类似的工作，并在间歇导尿技术和压疮处理技术上



图 1-10 唐纳德·蒙罗

有了突破。在之后的第二次世界大战中，包括德国和法国等多个欧洲国家的医生来到英国，随后英国的脊柱脊髓损伤的救治和康复才得到快速发展。

1944 年 2 月 1 日，于第二次世界大战之前逃离德国的路德维格·盖特曼公爵（Ludwig Guttman, 1899—1980 年；图 1-11）在英国埃利斯伯里（Aleysbury）的斯托克·曼德维尔镇（Stoke Mandeville）成立了一家脊髓损伤诊所，聘用有各种医学背景的职员为脊髓损伤患者提供综合的治疗和康复训练。在他的领导下，该诊所成为集教学、科研和医疗临床为一体的享誉全球的脊髓损伤中心（The Center of Spinal Cord Injury）。欧内斯特·波什（Ernest Bors）和艾提斯·考马尔（A. Estin Comarr）爵士在加利福尼亚州的长滩市率先提出的康复和泌尿学结合的模式被其他各中心效仿。塔尔波特（H.Talbot）在波士顿、穆雷（H.Talbot）在田纳西州的孟菲斯市各自开立了一家脊髓损伤诊所。英国也有很多脊髓损伤中心陆续成立：如谢菲尔德的劳基莫尔医院（Lodgemoor in Sheffield）、什洛普郡的罗伯特·琼斯和安吉·亨特骨科医院（The Robert Jones and Agnes Hunt Orthopedic Hospital）、约克郡维柯菲尔德的宾德费尔德医院（The Pinderfield Hospital）、利物浦普罗米纳德医院的脊柱中心（Liverpool Spinal Unit at Promenade Hospital）、苏格兰穆塞尔堡的伊甸园脊髓损伤中心（The



图 1-11 路德维格·盖特曼

Edenhall Unit)、格拉斯哥附近的菲利普斯医院(Phillipshall Hospital)和威尔士加迪夫的路克伍德医院(Rookwood Hospital)等。

欧洲其他著名的脊髓损伤中心还有:奥地利的洛穆尔拜德,法国巴黎的枫丹白露(Fontainebleau)、伤残战士之家(Invalides)、眸罗兹(Mulhouse),比利时的布鲁格曼(Brugman),德国的科布伦兹(Koblenz)、波鸿(Bochum)、爱穆伯格(Amsburg)、法兰克福(Frankfurt)、穆尔诺(Murnau)、杜宾根(Tubingen)、路德维希港(Ludwigshafen)、海德堡(Heidelberg)、科隆(Cologne)和柏林(Berlin),荷兰的阿尔登堡(Aardenburg)和阿姆斯特丹(Amsterdam),以及爱尔兰的都柏林(Dublin)。还有其他一些脊髓损伤中心分布在欧洲、加拿大、澳大利亚和中东远东、南美洲,以上各处均已获得国际截瘫协会的认可。

截至2003年,美国退伍军人管理局已经建立23家脊髓损伤中心,医疗卫生和人力资源部也在各州成立分中心。1945年,加拿大多伦多林赫斯特旅馆开业,加拿大截瘫医学协会(Canadian Paraplegic Association)同时在此成立,加拿大退伍军人管理局也建立了多家脊髓损伤病房。

这一时期,许多新的诊断技术也相继出现,如脊髓X射线摄影术、放射性核素脊髓造影术、硬膜外造影术、椎间盘造影术、血管造影术、计算机轴向体层摄影术、磁共振成像技术、数字减影血管造影技术、超声扫描技术、电生理学研究、感觉/运动诱发电位技术和脊髓镜技术等。

**2. 康复** 1929年,纽约的阿尔弗雷德(Alfred)使用牵引套固定于患者的后枕部和下颌部进行纵向牵伸治疗颈椎损伤,1933年威廉姆·A.克拉奇菲尔德(William A Crutchfield)发明了头部骨牵引技术。其他牵引设备为巴顿

(Barton, 1938年)、温科(Wenke, 1948年)和噶德纳(Gardnar, 1970年代)等人发明。1959年,佩里(Perry)和尼科尔(Nicolle)发明了至今尚在使用的晕轮式牵引器。

奥地利人劳伦兹·波勒(Lorenz Böhler, 1885—1973年;图1-12)历经了两次世界大战,是20世纪最权威的骨科医生,他在两次世界大战中多家医院的工作中总结了非常权威的诊疗原则:①挽救生命;②挽救伤肢;③挽救功能。他也总结了康复处理的原则:①快速诊断;②无痛原则;③受伤部分制动;④未受伤肢体在无痛范围内主动活动。此外,波勒还一直致力于推进医疗文书的详尽书写和经验总结。波勒以上观点的提出为整个康复医学的发展奠定了良好的基础。我国的骨科学家、断肢再植显微外科创始人屠开元教授1933年赴奥地利维也纳学习就是师从于劳伦兹·波勒(Lorenz Pohle)先生。他回国后创办骨库,在脊柱骨折脱位并发脊髓损伤施行开放复位等方面取得了重大成就。

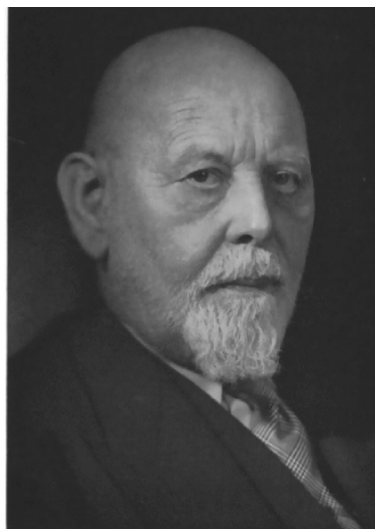


图1-12 劳伦兹·波勒

美国的荻李莎(Delisa)教授详细总结了康复医学发展史,但在1939年他编写出版的《物理治疗的原则和实践》一书第三卷“神经疾病的物理治疗”中没有提及脊髓损伤,可



能是因为第一次世界大战期间脊髓损伤患者的死亡率高达 80%。1930 年，美国波士顿城市医院的神经外科专家唐纳德·蒙罗（Donald Munro）出于对脊髓损伤患者的同情和在此领域的兴趣，建立了一个小型的医疗中心，专门为脊髓损伤患者提供综合服务。医疗中心不仅有神经外科医生，还有康复医学、泌尿科、精神科、社会经济学等方面的专家，以及科研人员和教师等。他提出的[定时引流排尿（Timed Drainage and Urination）](#)（间歇膀胱冲洗）技术大大减小了泌尿系感染的风险。美国陆军在马萨诸塞州的牛津温格特建立的脊髓损伤中心就应用了蒙罗的技术。蒙罗受邀成为美军在布朗克斯、长滩、芝加哥等脊髓损伤中心的顾问。欧内斯特·波什（Ernest Bors）和艾斯汀·考马尔（Estin Comarr）致力于护理和科研，并率先点燃了为脊髓损伤患者提供更好护理的明灯。康复医学的发展主要是由在脊髓损伤单元担主要角色的神经外科医生[如布朗克斯区的克鲁格（Krueger）、孟菲斯城的克莱默（Cramer）、亚特兰大城的斯卡菲德（Scarffond）]推进的，霍华德·拉斯科（Howard Rusko）、亚瑟·阿布拉姆森（Arthur Abramson）、哈利·凯斯勒（Harry Kessler）是康复医学专业领域几位重要的人物。其后，亚专业开始发展，如生殖泌尿系统康复、性康复、不孕症康复、驾驶技术训练、教育咨询、功能独立、辅助技术等。

**3. 教育** 脊髓损伤护理教育是在唐纳德·蒙罗提出综合康复理念后才在各医学院校开展的。他在脊髓损伤领域的贡献是脊髓损伤康复医学的转折点。他在神经外伤学和康复医学的观点第一次被军事医院所接受。在接下来的 40 年里，美国退伍军人管理局一直领导着脊髓损伤康复事业，并取得了卓越的成绩。每年举办学术会议时的论文都会在年度会议记录中收录。20 世纪 70 年代，埃里克·克鲁格（Erich

Krueger）开始培训内科医生为脊髓损伤患者服务。20 世纪 80 年代，伊曼纽尔·曼尼利诺（Emanuele Manerino）创立了两年的奖学金计划，培养了一批专门研究脊髓损伤综合治疗的内科医生。美国卫生和人力资源部在全美建立了 18 所脊髓损伤中心，并在一些重点大学开设脊髓损伤康复课程。约瑟夫·比纳德（Joseph Binard）在各地开启了年度课程，并为非脊髓损伤中心确立了教育课程。[美国截瘫协会（American Paraplegia Society, APS）](#)于 1954 年由艾斯汀·考马尔创立，于 1977 年组成法人公司，并资助每年的教育会议。另外，协会还创立了在该领域领先的《脊髓医学杂志》。1978 年，协会申请成立美国脊髓损伤董事会，但没有获得美国医学专业委员会的批准。但经过乔尔·德·丽莎（Joel A. De Lisa）和其他领导的共同努力，1995 年，脊髓损伤医学获准为美国物理与康复医学委员会下的亚专业。玛格丽特·哈蒙德（Margaret Hammond）博士的首席顾问，带领大家完成了该领域专业细分的工作。

[美国脊柱损伤协会（American Spinal Injury Association, ASIA）](#)成立于 1971 年，并通过年度会议、教学会议、工作坊和研究基金等方式在脊髓损伤的诊断和综合治疗方面做出了很大的贡献。ASIA 还启动了一些海外计划来促进脊髓损伤医学知识在各国的传播。

1961 年，路德维德·盖特曼公爵（Ludwig Guttman）创立了[国际截瘫医学会（International Medical Society of Paraplegia, IMSOP）](#)。这是全球脊髓损伤医学重要的里程碑。医学会每年在英国的斯托克·曼德维尔举办一次会议。该会议和世界其他一些国家的医学会会议共同举办，如法国截瘫国际组织协会、美国截瘫协会、美国脊柱损伤协会、国际截瘫医学会澳大利亚分会、德国瘫痪医学会、日本截瘫医学

会、荷兰-弗兰德斯截瘫协会、斯里兰卡国际截瘫护理协会、北欧截瘫医学会、南非脊髓损伤协会、西班牙截瘫协会、拉丁美洲截瘫协会。国际截瘫医学会 [IMSOP, 现在更名为国际脊髓学会 (International Society for Spinal Cord Injury, ISCoS)] 确立 *Spinal Cord Injury* 替代之前的 *Paraplegia* 为其官方杂志。

**4. 脊髓再生** 雷蒙尼·卡哈尔 (Ramón Cajal, 1900—1920 年) 在他的著作中说: “即使切断了哺乳动物的中枢神经纤维开始再生, 这种努力也是白费功夫, 不会产生实质性的好处, 也不会提高其功能。”在接下来的 20 年里, 试验证明两栖类和爬行类动物在脊髓损伤后神经可以再生。

1950—1979 年, 温德尔 (Windle) 致力于醋酸脱氧皮质酮、促肾上腺皮质激素、普罗明 (抗结核和麻风病药物) 和微细小管 (microtubules) 的研究。他总结说: “至今没有明确证据能够证明哺乳动物在脊髓损伤后能够重新获得生理功能的恢复, 包括运动和感觉。”1979—1980 年卡奥 (Kao) 借用显微外科手术进行自体脑神经移植、坐骨神经移植、有鞘神经移植到脊髓, 并成功演示了轴突和嫁接组织的融合。胚胎神经细胞作为悬浮固体组织, 被移植到脊髓断面。与此同时, 对基因工程和干细胞的研究也开始了。

**5. 脊髓休克** 1874 年, 戈尔茨 (Goltz) 和弗鲁斯伯格 (Freusberg) 在法国的斯特拉斯堡清楚地描述了狗的脊髓休克。谢灵顿 (Sherrington) 在猴子身上同样发现了脊髓休克现象的存在, 他认为休克是颈髓横断后的神经状况。虽然他没有用自主神经反射异常来解释, 但他描述了血压会在皮肤刺激后出现上升的现象, 并且这种现象一般出现在脊髓休克之后。

**6. 自主神经反射异常** 1917 年, 海德

(Head) 和瑞多克 (Riddoch) 第一次描述了自主神经反射异常现象, 其重要性和危险性是维特里德 (Whitteridge) 率先认识到的。随后, 盖特曼 (Guttmann)、汤普森 (Thompson)、威瑟姆 (Witham)、波洛克 (Pollock)、波什 (Bors)、弗兰切 (French)、斯克莱伯特 (Schreibert)、艾利弗 (Arieff) 等人, 以及来自欧洲、美洲和澳大利亚的报道才陆续出现。

**7. 异位骨化** 截瘫后继发性骨关节病由里德尔 (Riedel) 在 1983 年、埃克特 (Eichart) 在 1895 年发现。对截瘫患者情况最为详尽的记录是由克鲁姆克·德叶琳 (Klumpke Dejerine) 和赛列 (Cellier) 等人完成的。其后便有很多人效仿, 其中有苏尔 (Soule)、阿布拉姆森 (Abramson)、凯姆伯格 (Kamberg)、黎波森 (Liberson)、戴曼斯基 (Damanski)、哈迪 (Hardy)、迪克逊 (Dickson)、派斯莱克 (Paeslack)、福利哈佛 (Freehafer)、禹瑞克 (Yurick) 和洛希尔 (Rossier) 等人。

**8. 尿流动力学** 第一次膀胱内压力测定是波兰布雷斯劳市的鲁多尔芬 (Haidenhain, 1837—1897 年) 完成的, 他和高尔伯格 (Colberg) 主要想观察括约肌的张力。德·威治 (De Wittich) 和罗森普兰特 (Rosenplanter) 于 1867 年报道了膀胱内压力。朱利叶斯·坝基 (Julius Budge, 1811—1888 年) 发现 S<sub>4</sub>、S<sub>5</sub> 骶神经前根是膀胱的运动神经。格尔兹 (Goltz) 在实验中切断狗的胸腰段脊髓, 并对膀胱的反射性排空进行记录, 发现在这个水平以下脊髓离断后, 膀胱反射消失。夏特斯 (Schatz, 1841—1920 年) 首次对人体进行脊髓损伤的研究。杜布依斯 (Dubois, 1848—1918 年) 继续其研究, 测量了正常人和截瘫患者的膀胱压力和直肠压力。对这一领域进行研究的其他人还有: 德国的昆科 (Quinke)

和艾德乐 (Adler)，意大利的安吉洛·摩梭 (Angelo Mosso) 和保尔·皮拉卡尼 (Paul Pellacani)，瑞典的弗里茨·博恩 (Fritz Born) 以及法国的居瓮 (Guyon) 和杜查斯特里特 (Duchastelet) 等。

德国的艾德乐 (Adler) 用液体压力测定法对神经源性膀胱和圆锥以上损害的差异进行了研究。维也纳的施瓦兹 (Schwartz) 研究了脊髓枪伤患者的膀胱内压。美国的沃克 (Walker)、戴尔顿 (Dalton)、雷鲁 (Relu) 和罗西 (Rossi) 也取得了很大进步。沃克在巴尔的摩用简单的设备测量膀胱内压；戴尔顿在圣路易斯确立了膀胱内压的概念，并对不同类型的神经源性膀胱进行了描述；雷鲁和罗西对不同脊髓损伤水平患者的膀胱内压进行了研究。英国的亨利·海德 (Henry Hyde) 和乔治·里多克 (George Ridok) 对神经源性膀胱进行研究，认为自主排尿是圆锥以上损伤部分集中反射的表现。高登·霍尔姆斯公爵 (Gordon Holmes) 在 1915—1916 年研究了法国士兵的神经源性膀胱。丹尼·布朗 (Danny Brown) 和罗伯特森 (Robertson) 于 1933 年在伦敦研究了膀胱压力、膀胱颈处的尿道压力、外括约肌压力和直肠压力。1935 年，肯尼斯·沃特金斯 (Kenneth Watkins) 描述了脊髓损伤患者的反射性膀胱和无反射性膀胱。唐纳德·蒙罗 (Donald Munro) 在 1947 年采用了定时排尿技术，并对脊髓损伤早期无张力膀胱、自主反射膀胱、过反射膀胱和抑制性膀胱等进行了详细描述。早期致力于该领域研究的还有奈斯比特 (Nesbit)、莱皮德斯 (Lapides)、唐 (Tang)、鲁驰 (Ruch)、博尔斯 (Bors)、考马尔 (Comarr) 和布莱德利 (Bradley) 等。

**9. 药物治疗** 很多药物被用于治疗脊髓损伤，如甲基强的松龙单独使用或联合使用抗氧化剂  $\alpha$ -维生素 E 和硒制剂、利多卡因、甲基

酪氨酸、阿司匹林、双嘧达莫 (潘生丁)、纳洛酮、二甲基亚砷 (DMSO)、免疫抑制剂、神经生长因子；酶制剂疗法，如透明质酸、胰蛋白酶、胰肽酶 E 等；钙离子通道拮抗剂、神经节苷脂、促甲状腺素释放素 (TRH)、神经营养因子、孕烯醇酮联合脂多糖和吲哚赛辛、硝酸根抑制剂等。其他的方法还有基因疗法、冷却降温疗法、X 线放射疗法、电磁刺激疗法、超高压氧气疗法、血管重建和针灸等。

**10. 压疮** 压疮很早就被广泛关注，各国医生采用不同的治疗方法。古埃及医学实践中有多种局部治疗方法，包括蜂蜜、发霉的面包、肉和动植物残渣、胆矾 (硫酸铜)、氧化锌和氧化铝等，且使用前还对这些敷料施加上咒语。波斯的阿维森纳 (Avicenna) 运用多种局部治疗方法。阿拉伯时期，迈蒙尼德 (Maimonides) 研制出营养制剂促进压疮愈合。文艺复兴时期，安布鲁瓦兹·帕雷 (Ambroise Paré) 开始强调轻柔细致地清理创口，并提出加强营养和药物治疗。

在 19 世纪，总的来说，巴斯德 (Pasteur) 发现细菌和李斯特 (Liszt) 发明灭菌消毒技术，给加快伤口愈合带来了曙光。伦琴 (Roentgen) 发现 X 线对诊断骨骼疾病提供了很大的帮助。19 世纪，夏科特 (Shawkat) 坚持压疮的营养理论，认为压疮是因为神经麻痹本身引起的，但布朗·希夸特 (Brown Sequard) 反对这一理论。

20 世纪是抗生素的时代。磺胺类制剂 (普兰托索) 于 1935 年由朵麦格·K (Domag K.) 发明。盘尼西林于 1929 年由亚历山大·弗莱明 (Alexander Fleming) 发现，并于 1940 年被佛洛里 (Florey) 和采恩 (Chain) 用于临床。之后便有很多种抗生素出现并用于控制感染。营养因子如蛋白质、维生素和矿物质在压疮治疗中的地位在美国得到广泛接受；同时，生物

力学因素也得到很大程度的关注。

曾用于治疗压疮的局部药物和其他方法不胜枚举，其中药物包括防腐消毒剂、抗生素。但有些抗生素具有细胞毒性，压疮腐肉清除方法包括使用酶制剂、蛆虫和合成材料等。物理因子包括电刺激、磁刺激、低强度激光、紫外线（日光浴疗法）、局部氧气疗法、超高压氧气疗法、超声、臭氧、干燥空气、二氧化碳激光等。另外还有包扎疗法、胎盘素、芦荟汁、异体移植、自体移植、生长因子、局部营养和皮瓣转接等外科手术缝合技术等。

## 十一、总结

在人类的历史长河中，脊髓损伤是预后非常差的灾难性伤害。直到第二次世界大战临床和科研分开后，脊髓损伤幸存者的生存前景才得以改善。在全球各大高校里，科研人员一直在致力于消除纠正伊姆霍蒂普（Imhotep）提出的关于脊髓损伤“不可治愈”这一论断。正如马克思·陶雷克（Max Thoreck）所说：“科学无国界”。他希望全球的科学家共同努力，尽早实现脊髓损伤可以治愈这一理想。

（许光旭）



## 第二章

## 脊髓损伤基础知识

脊髓（Spinal Cord）自上而下穿行于脊柱椎管内，是重要的神经信息传导和整合器官，连接着大脑和躯体、内脏器官的感觉、运动神经通路。脊髓损伤（Spinal Cord Injury, SCI）会导致感觉、运动和自主神经功能丧失，且会引起一系列继发性问题，影响极大。

“脊髓损伤”一词原指因外伤所致的脊髓神经受损，但在一些疾病的发展过程中也会引起类似的神经功能障碍，因此，此类由疾病引起的脊髓神经功能异常也归为脊髓损伤。脊髓损伤是一种非常严重的损伤，对患者个人、家庭和社会而言都是灾难性的损伤之一；它不仅影响患者的身体结构、运动功能、心理健康，还造成家庭成员的心理负担和经济负担，严重者还会影响社会。

文献报道世界各国的脊髓损伤发病率基本相同，平均发病率在每百万人口 30~40 例。在西方发达国家，脊髓损伤的年发病率在 10%~80%，男性约占 85%；其中 15~25 岁的男性患者占大部分，女性患者仅占 15%。脊髓损伤患者中年轻人较多，16~30 岁占 54.1%，15 岁以下占 4%，31~45 岁占 23.3%，46 岁以上仅占 18%。但因自然灾害导致脊髓损伤的患者组成稍有不同。2005 年巴基斯坦地震导致的脊髓损伤患者（估计在 1500 人以上）主要以妇女儿童为主，2008 年我国汶川大地震导致的脊髓损伤患者主要以成年女性为主。

创伤性脊髓损伤常见原因包括交通事故、高空坠落、重物砸伤、惊险运动（如跳水、摩

托车特技）、老年人跌倒等。在一些政局动荡或治安条件不良的国家或地区，因枪伤、匕首或战争导致的脊髓损伤比例也很高。除此之外，脊髓损伤还会因脊柱外科手术、疾病、感染或先天发育不良所致，如脊髓炎、椎间盘突出、脊髓多发性硬化、脊髓空洞症、脊髓侧索硬化综合征、脊髓占位性病变（硬膜内外的肿瘤，如血管瘤、脑脊膜瘤、脊索瘤和转移瘤等）、吉兰-巴雷综合征、先天脊柱脊髓发育不良等。致病因素在各年龄段的分布不均，车祸、高空坠落、重物砸伤、运动损伤等主要发生于年轻男性，意外跌倒主要发生在老年患者中，其他疾病发病年龄分布缺乏数据统计。

据不完全统计，超过 55% 的脊髓损伤发生在颈椎平面，其他几乎平均分布于胸椎、腰椎或骶椎阶段。常见的损伤平面是 C<sub>5</sub>，然后依次为 C<sub>4</sub>、C<sub>6</sub> 和 T<sub>12</sub>。颈段脊髓损伤影响四肢，导致四肢瘫（Tetraplegia, Quadriplegia）；胸、腰和骶段脊髓损伤影响下肢，导致截瘫（Paraplegia）。大部分的脊髓损伤不是由脊髓横行离断所致，一般都是脊髓保持完好，而损伤继发于血管或其他问题，包括水肿、炎症和血-脊髓屏障的其他变化。

脊髓损伤程度有完全性损伤和不完全性损伤之分（表 2-1），所有脊髓损伤患者约各占一半；其中不完全性四肢瘫患者较多，约占 32%，完全性截瘫约占 27%，完全性四肢瘫约占 20%，不完全性截瘫占 21%（其中有约 1%



表 2-1 美国不同类型脊髓损伤的流行病学调查

四肢瘫（52%）（C <sub>1</sub> ~C <sub>8</sub> ）		截瘫（48%）（T <sub>1</sub> ~S <sub>5</sub> ）	
完全性 20%	不完全性 32%	完全性 27%	不完全性 21%
AIS A	9% AIS B, 5% AIS C, 18% AIS D	AIS A	6% AIS B, 4% AIS C, 10% AIS D, 1% AIS E

AIS：脊髓损伤神经学分类标准

AIS A：完全性损伤；AIS B：感觉不完全性损伤；AIS C：运动不完全性损伤（肌力小于 3 级）；AIS D：运动不完全性损伤（肌力大于或等于 3 级）；AIS E：正常

的患者神经功能可恢复正常)。据美国资料显示，因车祸和坠落导致的脊髓损伤患者中约 44% 为截瘫，其中完全性截瘫约占 55%，不完全性截瘫约占 45%；约 46% 为四肢瘫，其中完全性四肢瘫约占 39%，不完全性四肢瘫约占 61%。国外报道因运动导致的脊髓损伤患者中四肢瘫患者约占 89%，截瘫约占 11%。国内因体育运动导致脊髓损伤的比例较小，暂无具体统计数据。

脊髓损伤继发的疾病或导致功能障碍表现类型各异，最根本的原因或表现是上行或下行的神经传导信息在受损部位全部或部分阻断。有些患者的表现仅仅是损伤部位以下运动和感觉功能轻度障碍，他们的步行功能可能基本正常，而另外一些患者可能有广泛的运动和感觉功能障碍，影响机体各种功能的发挥。脊髓部分损伤的情况在颈、腰、骶段神经损伤中较为常见。由于急诊医学的迅速发展，急救技术更加先进，在早期的急救处理及时的情况下，继发性神经损害程度较之前有明显降低。

脊髓损伤患者预期寿命受性别、年龄、损伤平面、损伤程度、医学水平、护理技术和经济等各种因素的影响。第一次世界大战中受伤的美国士兵生存时间都较短，多数患者在数周内死亡，仅有一例存活超过 20 年。但第二次世界大战中的脊髓损伤患者其生存率和生存时间明显因为医学研究水平的提高而大幅增高，伤后存活 20 年以上的患者有 2000 多人，且很多人甚至恢复了工作和学习的能力。现在，发达国家脊髓损伤患者的平均预期寿命虽然仍较正常人群低，但差距已经显著缩小。这主要得益于康复医学、

物理治疗学和护理技术的发展以及科技的进步。Frankle 和 Robert 等人对英国和美国脊髓损伤患者的预期寿命进行研究发现，女性患者较男性患者预期寿命长，损伤平面越低预期寿命越长，损伤程度越轻预期寿命越长（表 2-2）。

表 2-2 25 岁脊髓损伤患者预期生存年限

损伤平面和程度	预期生存年限（年）
正常人群	50.9
C <sub>1</sub> ~C <sub>3</sub> , AIS A	25.4
C <sub>1</sub> ~C <sub>3</sub> , AIS B 或 AIS C	32.2
C <sub>4</sub> , AIS A	26.4
C <sub>4</sub> , AIS B 或 AIS C	34.9
C <sub>5</sub> , AIS A	30.0
C <sub>5</sub> , AIS B 或 AIS C	35.7
C <sub>6</sub> ~C <sub>8</sub> , AIS A	34.7
C <sub>6</sub> ~C <sub>8</sub> , AIS B 或 AIS C	36.7
T <sub>1</sub> ~S <sub>5</sub> , AIS A 或 AIS B 或 AIS C	37.6
所有 AIS D 级患者	44.7

脊髓损伤会引起患者身体各个系统的功能改变和心理损伤，并发症和继发症状也较多，且有些问题会反复发生，很多会危及生命。在 20 世纪早期，肺部感染、尿路感染、败血症、肾衰竭等继发问题是脊髓损伤患者死亡的主要原因。虽然以上问题现在仍然是导致患者死亡的主要原因，但患者的寿命较前有显著延长，且所占的比例有所降低，而因心血管系统疾病和其他疾病致死的比例有所上升。

脊髓损伤发生后 1 年内死亡为早期死亡。许多 C<sub>4</sub> 以上颈髓损伤患者在送达医院之前因呼吸中枢受损致呼吸功能衰竭而窒息死亡。De Vivo（1999）对美国脊髓损伤数据库 1993—1998 年收集的 2.8 万名脊髓损伤患者的生存情况

进行分析,发现伤后1年内患者死亡率较1970年代有显著下降,呼吸和心脏并发症是早期死亡的主要原因。多元回归分析发现,年龄、性别、损伤平面、残留神经功能(Frankel功能分级)、呼吸状况、致伤原因、医疗费用负担等因素对患者死亡率均有显著影响。男性患者早期死亡率是女性患者的1.42倍;暴力致伤的患者早期死亡率是非暴力致伤患者的1.53倍;对呼吸机依赖患者的早期死亡率是不依赖者的39.5倍;完全性损伤者早期死亡率是有括约肌功能残留的不完全性损伤患者(AIS C级)的6.46倍,是仅有感觉功能的不完全损伤患者(AIS B级)的4.5倍; $C_5 \sim C_8$ 损伤患者早期死亡率是 $T_1 \sim S_5$ 损伤者的2.3倍,而 $C_1 \sim C_4$ 损伤患者则上升到3.27倍。

脊髓损伤后期死亡的疾病谱较前有较大改观,因泌尿系统并发症导致死亡的比例大大下降。1970年代前,英国脊髓损伤患者后期死亡原因前四位分别是泌尿系统疾病、心脏系统疾病、呼吸系统疾病和癌症;而1970年代至1990年代四大致死原因则变为:呼吸系统疾病、心血管系统疾病、意外伤害(包括自杀)和泌尿系统疾病等。De Vivo对美国1990年代中间5年死亡的脊髓患者进行分析发现,因泌尿系统疾病而死亡的比例仅占2.3%,下降到第5位,下降的主要原因是清洁间歇导尿技术和神经药物的应用和发展。但在我国,由于康复知识宣教匮乏和患者认识不足,泌尿系统并发症仍然是导致脊髓损伤患者过早死亡的主要原因之一。

## 第一节 脊柱脊髓解剖

脊柱是躯干部最有力的中坚力量,具有支撑躯干,承担躯干、头颅和上肢重量及保护脊髓的作用。脊柱由33块脊椎骨组成,包括7节颈椎(Cervical,  $C_1 \sim C_7$ )、12节胸椎(Thoracic,  $T_1 \sim T_{12}$ )、5节腰椎(Lumbar,  $L_1 \sim L_5$ )、5节骶椎(Sacral,  $S_1 \sim S_5$ )和4节尾椎(Coccygeal),

骶椎和尾椎在成年后均为融合状态。

### 一、椎管

**脊柱椎管(Vertebral Canal)**由各脊椎骨的椎管借韧带自上而下连接而成,上经枕骨大孔通颅腔,下经骶管通向骶管裂孔。椎管前壁为椎体后缘、椎间盘,以及附着于其后的后纵韧带,后壁为椎板、黄韧带、棘间韧带,两侧壁为椎弓根和椎间孔。椎管一般分为两个部分,一部分是中央椎管,主要由脊髓及其被膜所占;一部分是神经根管,为椎管后外侧两边成为侧隐窝的部位,主要是神经根初出脊髓下行的路径。侧隐窝于腰椎管中更加明显,在颈椎和胸椎椎管中多与中央椎管融为一体呈横切面,为卵圆形的椎管,而在腰骶椎部位呈三叶形椎管。自脊髓前后角穿出并合二为一的神经根出来经侧隐窝下行出椎间孔,所以在外伤性脊髓损伤患者中常见中枢性神经损伤和外周性神经损伤并存的现象。

### 二、脊髓

脊髓是大脑中枢神经在脊柱椎管内的延伸,成人脊髓平均长度约为45cm,平均重量约为30g。脊髓位于椎管内,与血管和神经根被硬膜鞘包裹并在其中下行,占据椎管上2/3。硬脊膜是大脑表面覆盖的一层韧性较强的膜的延伸,成人从枕骨大孔一直延伸至 $S_2$ 水平,其下延伸为一纤细的髓体,称为终丝。脊髓从枕骨大孔下行至 $C_3 \sim T_2$ 椎体水平,形成一段较粗的颈膨大,颈膨大支配上肢脊神经的来源,于 $C_6$ 处周长达最大,约38mm。脊髓继续下行,至 $T_9 \sim T_{12}$ 椎体水平再次形成较粗的 $S_1 \sim S_3$ 骶神经节,称为腰膨大。腰膨大支配下肢神经,腰膨大于 $T_{12}$ 胸椎下达最大周长,约35mm,其后迅速缩小形成脊髓圆锥,圆锥底端约与 $T_1$ 或 $T_2$ 椎体下缘平。从脊髓圆锥末梢发出的神经形成马尾神经。 $C_1$ 、 $C_2$ 髓节位于 $C_1$ 椎体平面,而 $L_3$ 髓节相当于 $T_{11}$ 椎体水平, $S_1$ 髓节相当于 $T_{12}$ 或 $L_1$ 椎体平面(图2-1)。

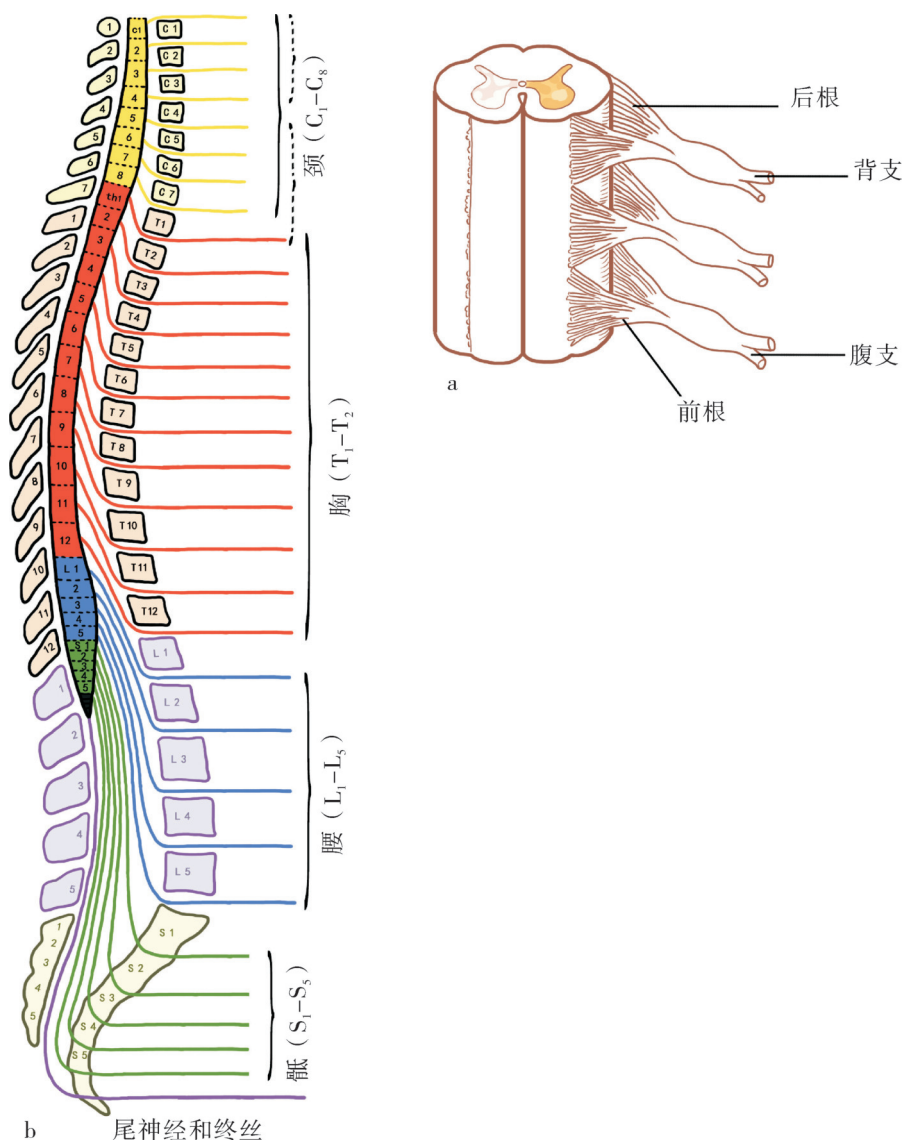


图 2-1 脊神经节段与椎体之间的位置关系

a. 脊神经前根和脊神经后根的解剖；b. 脊神经节段的数目：由脊髓中央管出来后的脊神经及相应出孔。脊髓在长度发育上比脊柱椎管要短一些，所以，脊神经根在脊髓中央管内向尾端方向总是要经过较长一段距离后才能到达其各自出孔

三、脊神经

脊神经根（Spinal Nerve Root）泛指周围神经与脑或脊髓的连接部，是人体各种反射条件必须要经过的部位。临床上习惯把直接从脑出来的神经称为脑神经，把从脊髓出来的神经称为脊神经。每对脊神经借前根（Anterior Root）和后根（Posterior Root）分别与脊髓灰质的前角和后角相连（图 2-2）。前根、后根均由许多神经纤维束组成的根丝所构成，前根

属运动性，后根属感觉性；后根较前根略粗，二者在椎间孔处合成一条脊神经干，感觉和运动纤维在干中混合。后根在与前根形成干之前，在椎间孔附近有椭圆形膨大，称脊神经节（Sumal Ganglia）。后根感觉纤维按照一定的方式进行空间排列，不同感觉性刺激被相应的感觉纤维向中枢传导。传导深部感觉（本体感觉）的厚髓鞘神经纤维（Ia）位于最内侧，主要负责触觉、振动觉、压觉和辨别觉的传导；



而位于外侧的无髓鞘 C 神经纤维传导痛觉和温觉。脊神经有 31 对, 其中包括 8 对颈神经 (Cervical Nerves)、12 对胸神经 (Thoracic Nerves)、5 对腰神经 (Lumbal Nerves)、5 对骶神经 (Sacral Nerves) 和 1 对尾神经 (Coccygeal Nerve)。所有脊神经负责传递来自不同脊髓水平 (节段) 的信息。脊神经平面和脊髓节段都用数字标注, 这和标注椎体的方法相同。C<sub>1</sub>~C<sub>7</sub> 脊神经根均是从相应椎体上面穿出, C<sub>8</sub> 则是从 C<sub>7</sub> 椎体下方穿出, 故虽有 7 个颈椎椎体, 却有 8 对颈神经。12 对胸神经干和 5 对腰神经干都是经过同序数椎体下方的椎间孔穿出, 第 1~4 骶神经则由同序数的骶前孔和骶后孔穿出, 第 5 骶神经和尾神经则是经骶管裂孔穿出。

由于脊髓相对于脊柱和椎管较短, 所以高位脊神经和低位脊神经在椎管内走行方向有变化。颈神经根最短, 走行接近水平位; 胸神经根稍长, 斜向外下走行; 下胸段神经根特别是腰段神经根要在蛛网膜下腔内走行很长一段距离后才能到达其相应的椎间孔。L<sub>2</sub> 椎体水平以下的硬脊膜腔内只有腰骶神经根, 称马尾。脊神经根以相应的根丝显示脊髓节段结构, 而脊髓本身没有节段划分。在椎间孔内, 脊神经有重要的毗邻关系, 其前方是椎体和椎间盘, 侧后方是椎间关节及黄韧带。因此脊柱的病变, 如椎间盘脱出和椎骨骨折等常可伤及相邻的脊神经, 严重的还会累及相应水平的脊髓神经元, 出现感觉和运动功能障碍等。

脊神经是混合性神经, 其感觉纤维始于脊神经节的假单极神经元, 假单极神经元的中枢突组成后根入脊髓, 而周围突加入脊神经, 分布于皮肤、肌肉、关节以及内脏的感受器等, 将躯体与内脏的感觉冲动传向中枢。运动纤维由脊髓灰质的前角、胸腰部侧角和骶副交感神经元的轴突组成, 分布于横纹肌、平滑肌和腺体。因此, 根据脊神经的分布和功能, 可将其组成

的纤维成分分为四类: 脊神经前支、脊神经后支、脊膜支和交通支, 它们均是从出椎间孔后形成的脊神经干延续很短距离后分出的。

脊神经干由脊神经前后根汇合而成 (图 2-2), 出椎间孔后即分出脊神经前支和后支; 还有一支很细小的脊神经返支, 经椎间孔返入椎管, 分布于脊髓膜。脊神经后支一般都较细小, 按节段地分布于项、背、腰、骶部深层肌肉及皮肤。脊神经前支粗大, 分布于躯干前外侧部和四肢的皮肤及肌肉。人类除胸神经前支保持着明显的节段性外, 其余脊神经的前支则交织成丛, 然后再分支分布。

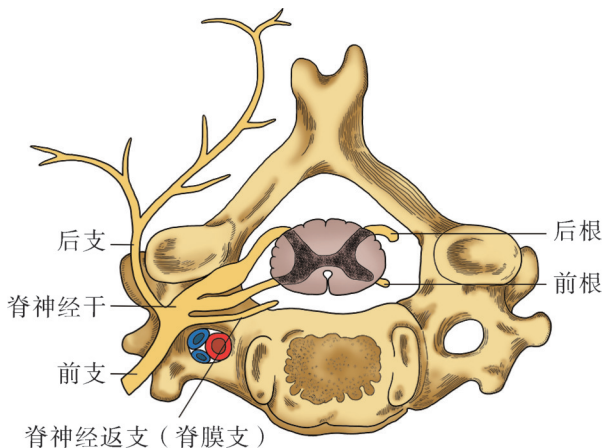


图 2-2 脊神经根剖面图

#### 四、神经根与周围神经

脊神经根出椎间孔后上下交错融合形成神经丛, 神经丛将多对神经根 (Nerve Root) 的纤维引向不同的周围神经 (Peripheral Nerve) 内, 所以在一根外周神经内可能含有相邻多个节段脊神经根的纤维。一个神经根的纤维又重新在周围组合并支配某一皮肤节段区 (皮节或皮节区)。皮节对应于神经根节段, 而神经根节段又有对应的“脊髓节段”。皮节的节段性分布在胸背部表现最明显, 图 2-3 显示了人体皮节支配的区域。由于相邻神经节段的皮节有部分重叠, 所以确切地讲, 成熟的脊髓已经难以划分原始节段, 也同样通过皮肤感觉来判断单一神经根的损伤。神经

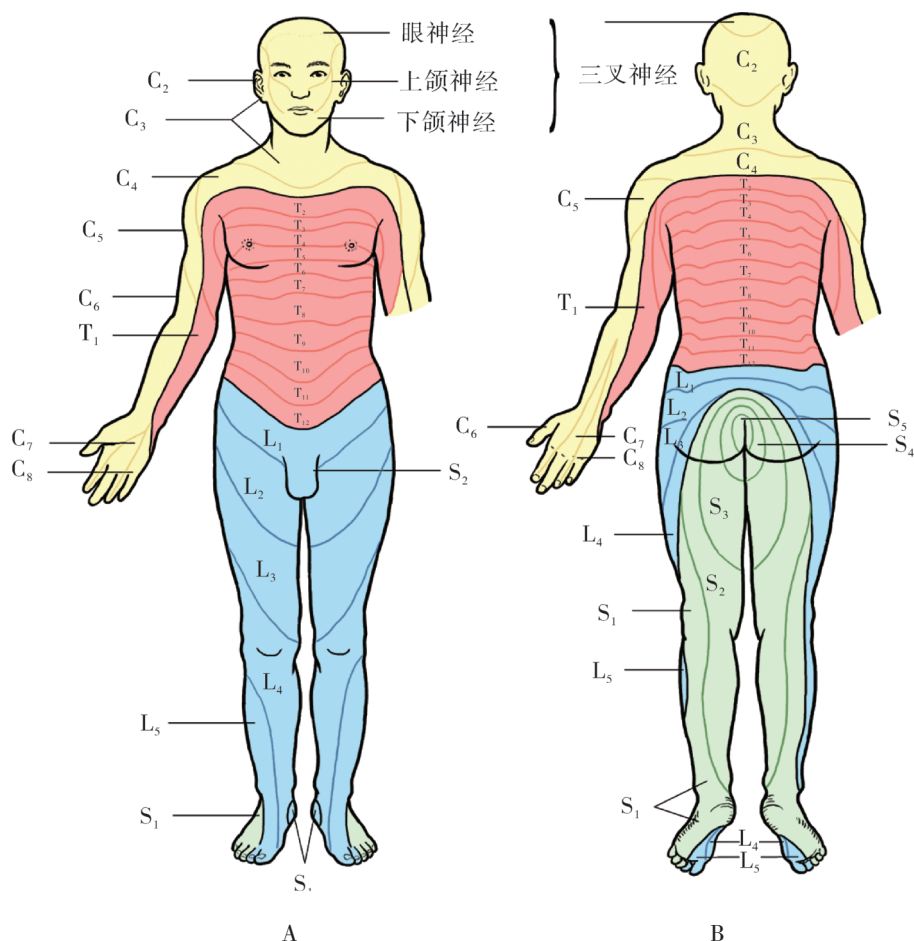


图 2-3 皮肤的节段神经支配

A. 前面观; B. 后面观

根病变时感觉会出现缺失，但只有当多个相邻神经根损伤时，才会出现能被诊断的出具有节段性特征的感觉缺失。皮节与脊髓神经根节段相对应，这对确定脊髓和神经病变的平面有很大的诊断价值。图 2-4 清楚地显示了支配人体皮肤表面的脊髓节段，依据该图很容易记住颈、胸、腰和骶神经支配区的分界。

触觉的皮节区重叠较痛觉多，所以当 1 个或 2 个神经根受损时，难以查出触觉敏感性异常，但较容易查出痛温觉障碍。因此当怀疑神经根受损时，如果检出痛觉减退或缺失应特别注意。

不难推论，一个神经丛索或一个周围神经损伤时，与神经根病变相比完全是另外一种感觉缺失。因为神经丛损伤主要会引起运动的缺失，可表现出一些典型的综合征。

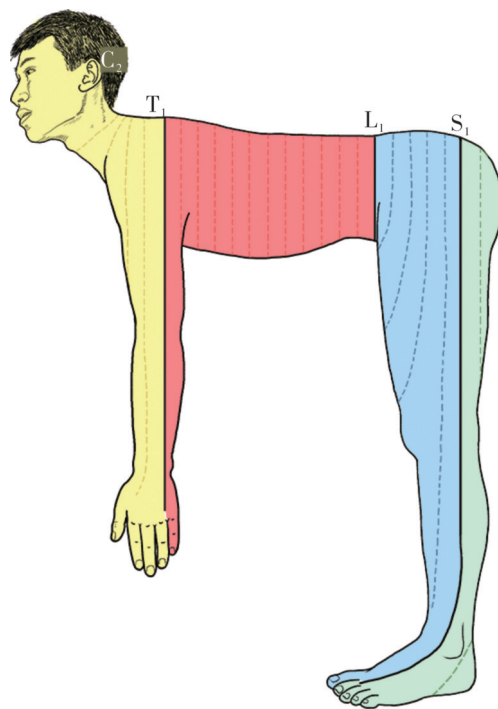


图 2-4 皮肤节段性神经支配和节段分界简图



周围神经内走行的纤维来自多个神经根节段，如果一条周围神经损伤，那么这些神经根节段就不再与那些来自相同节段但却走行在另外的周围神经内的纤维汇合在同一皮节区，其感觉缺失所表现的模式与神经根损伤完全不一样。此外，相邻的周围神经支配区的重叠比神经根支配区的重叠小，所以其感觉障碍很易于被诊断。

## 第二节 运动、感觉和自主神经通路

神经通路也叫神经传导通路，是神经系统内传导某一特定信息的通路。它能传导某种特定信息，如视觉、听觉、轻触觉、针刺觉或随意运动的冲动等信息。按照信息的传导方向可把神经通路分为上行神经传导通路和下行神经传导通路（*Descending Nerve Conduction Pathway*）（图 2-5）。前者主要是向高位中枢包括大脑皮质输入感觉信息，又称感觉神经传导通路；后者主要是传递控制肢体及内脏运动的信息，又称运动神经传导通路。此外，在中枢神经（*Central Nerve*）系统内还有实现中枢各部之间协调作用的环行传导的神经通路。

### 一、上行神经传导通路

上行神经传导通路（*Ascending Nerve Conduction Pathway*）（也称感觉神经通路）负责把来自皮肤的浅部感觉和来自肌肉、肌腱等器官的深部感觉信息传入大脑。几乎所有的感觉性传入都是经由后根进入脊髓的。浅（皮肤）感觉有痛觉、温（度）觉和触（压）觉；深部感觉又称本体感觉，是来自肌肉、肌腱、关节的位置觉、运动觉和振动觉。有很多脊髓感觉神经通路上传从外周收集的各种感觉信息，关键脊髓感觉神经传导通路都位于脊髓后侧的薄束、楔束、脊髓丘脑束和脊髓小脑束等。它们自外周经后根进入脊髓，更换神经元后至丘脑或小脑，最后上行至大脑皮质（图 2-6）。脊髓丘脑侧束传导痛觉和温度觉；脊髓丘脑前束传导深触觉；薄束和楔束传导本体感觉和浅触觉；脊髓小脑束来自身体深部组织的传入性神经冲动，如关节位置觉、运动觉等本体感觉信息（图 2-7）。

1. 脊髓后索 薄束（*Gracile*）和楔束（*Cuneatus*）位于脊髓后索（*Posterior Funiculars*）（图 2-8）。薄束在 T<sub>5</sub> 以下占据后索全部，在 T<sub>4</sub> 以上只占据后索的内侧部；楔束位于外侧部。薄束位

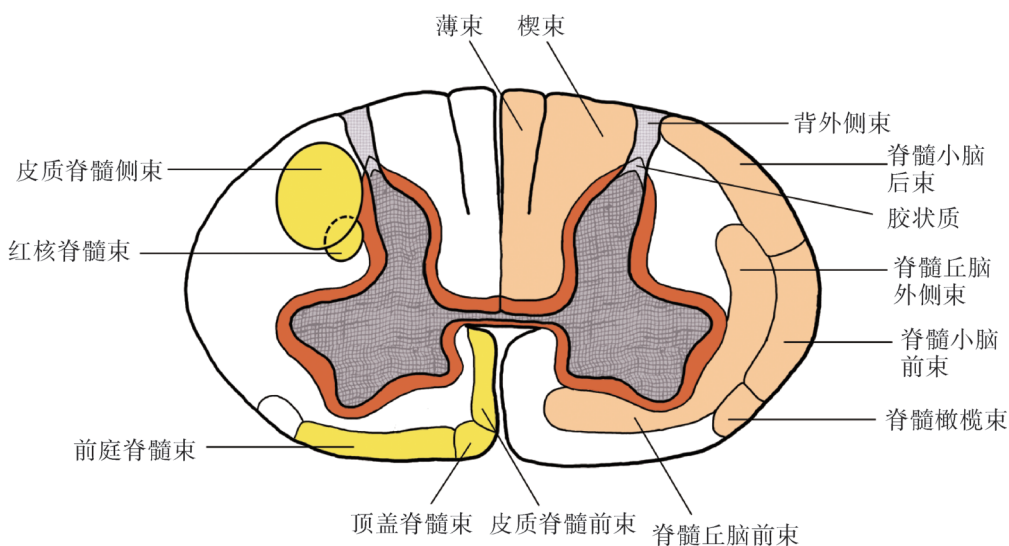


图 2-5 脊髓主要传导束简图  
红色为上行传导束，黄色为下行传导束

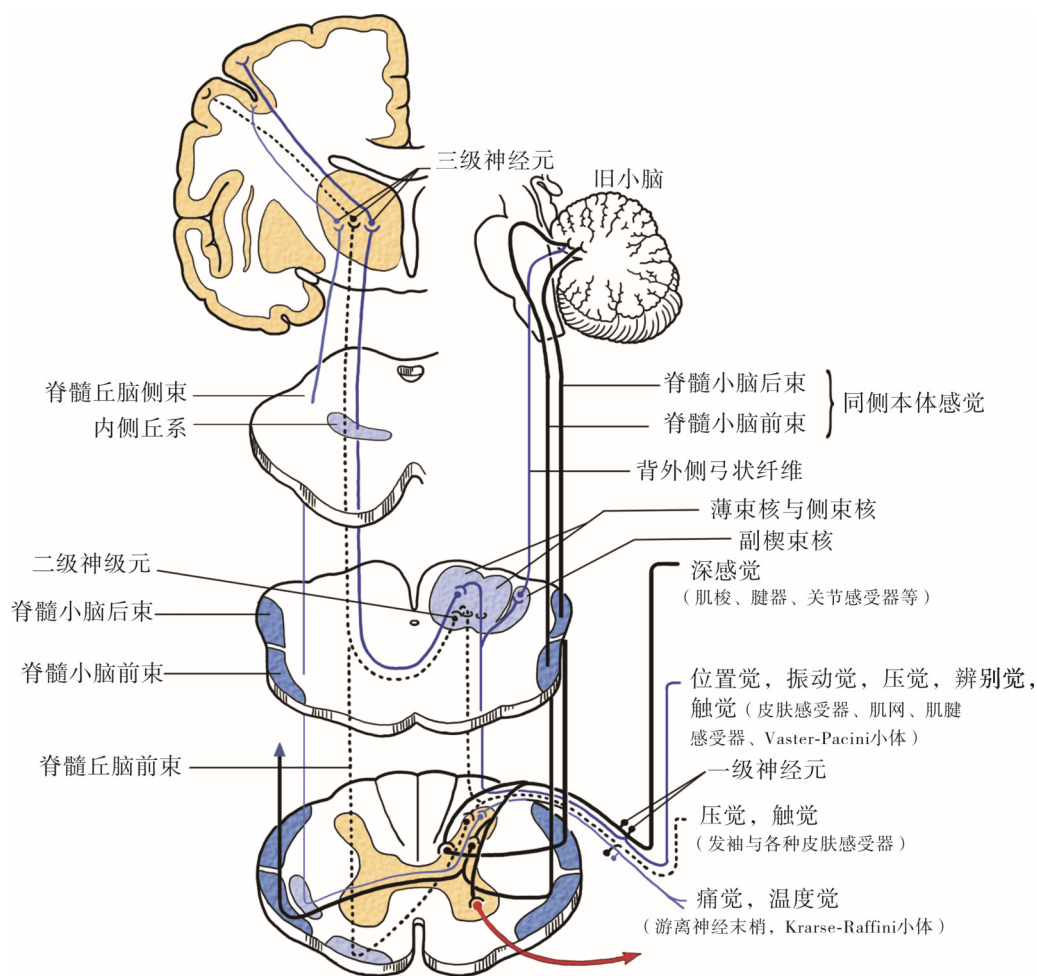


图 2-6 脊髓内最重要的上行传导通路及其到大脑和小脑内的部位示意图

于靠近脊髓后正中沟的位置,来自下位胸神经( $T_5$ 及以下)和腰骶神经后根,主要负责传导躯干下部和下肢的躯体感觉和精细(辨别)触压觉;楔束位于稍外侧部,来自颈神经和上位胸神经( $T_4$ 及以上),主要负责传导躯干上部和上肢的躯体感觉和精细触觉信息。两束神经纤维分别终止于延髓背侧的薄束核和楔束核。薄束和楔束传导躯干、四肢的位置觉、运动觉、振动觉以及精细(辨别)触压觉,如辨别两点距离和物体纹理粗细等。第一级神经元是脊神经节细胞,其周围突分布到肌、腱、关节和皮肤的一些感受器,中枢突经后根进入脊髓,在后索上行至延髓的薄束核和楔束核。薄、楔束核发出的是二级纤维,越过中线至对侧上行,叫作内侧丘系,止于丘脑的腹后外

侧核。冲动在此交换发出第三级纤维,经内囊投射到大脑皮质第一躯体感觉区,即中央后回部位。

后索具有高度的躯体定位性,这种高度的躯体定位能力在经由后索核和丘脑上行至初级躯体感觉区域的整个通路中始终存在。后索主要传导来源于本体感受器和皮肤感受器的冲动。脊髓后索损伤的患者不能准确确定自己肢体的位置,闭眼时不能通过触摸辨别放在手里的物体,不能辨别写在皮肤上的数字和字母,同时刺激身体两个不同部位时不能辨别其空间位置;由于压觉也受损,所以患者不能感觉到脚底的地面情况,站立或行走不稳(感觉性共济失调),尤其是在黑暗中或闭眼时。这些功能障碍在后索损伤时特别明显,而在后索核、

内侧丘系、丘脑以及中央后回损伤时则较轻。

### 脊髓后索损伤综合征 (Syndrome of Posterior Funicular Lesion) :

(1) 位置和运动觉丧失：患者闭眼后不能准确说明肢体所处的位置。

(2) 实体觉缺失：患者闭眼后不能触摸辨别和描述物体的形状和性质。

(3) 两点辨别觉丧失。

(4) 振动觉丧失：患者不能感觉到放置在其骨骼上的音叉振动。

Romberg 征阳性：患者闭眼和双足并拢时不能平稳站立，摇摆并可摔倒；睁眼时对深感觉的丧失可有很大程度的代偿，在这一点上与小脑损伤患者不同。

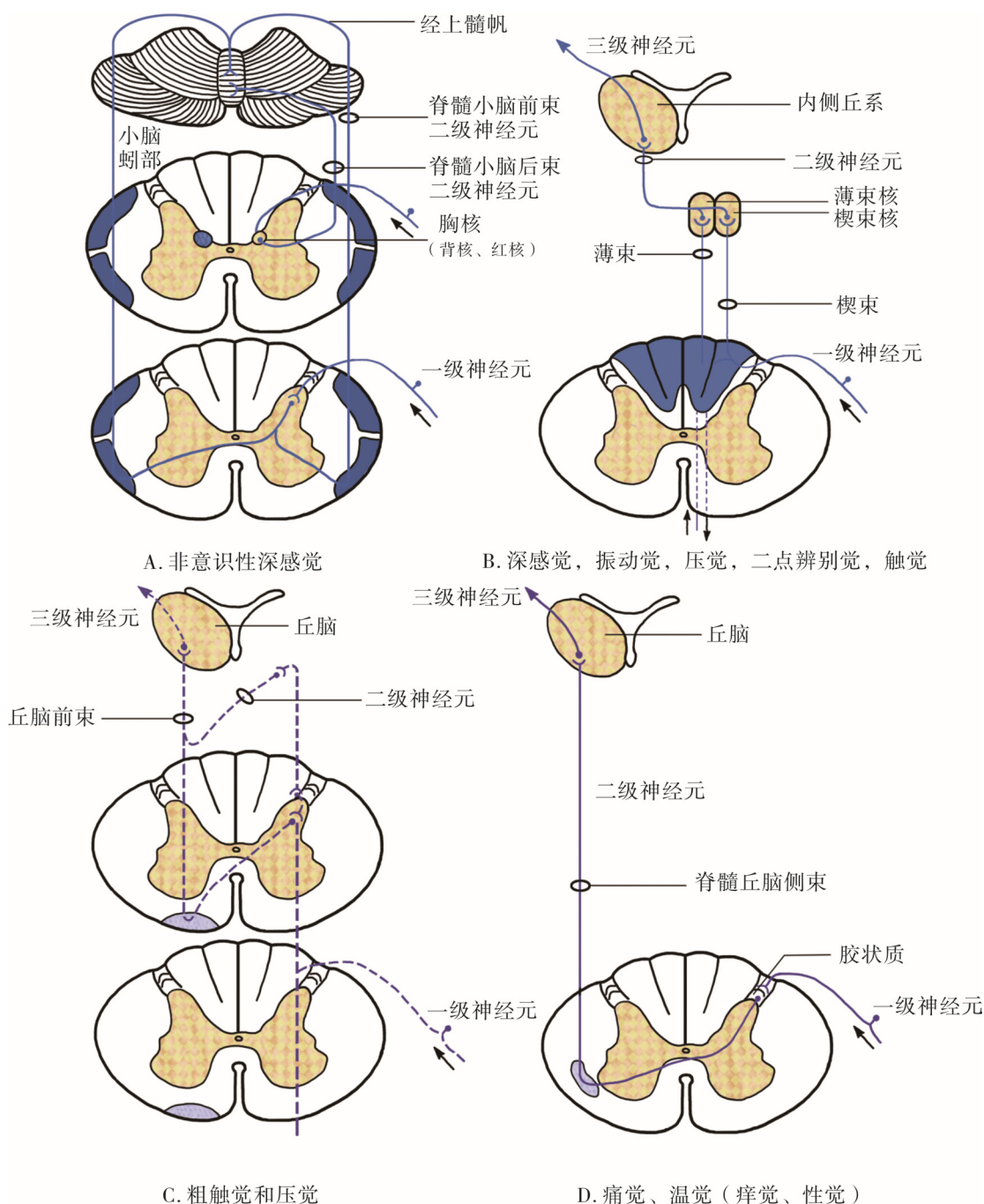


图 2-7 重要的脊髓传导束及其所传导的感觉



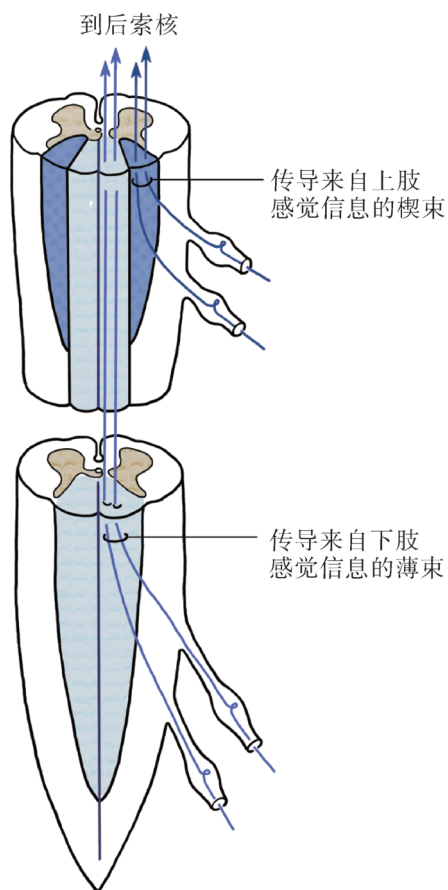


图 2-8 脊髓后索：楔束（内侧，来自上肢的传入纤维）和薄束（来自下肢的传入纤维）

**2. 脊髓丘脑束** 脊髓丘脑束（*Spinothalamic Tract*）是传导躯干、四肢痛觉、温度觉、粗触觉（不具辨别力）和压觉信息的神经通路。一级神经元脊神经节细胞的周围突分布于皮肤内的感受器，中枢突经后根进入脊髓而止于灰质。灰质细胞发出的二级纤维经白质前联合越至对侧白质，经白质前角腹外侧的脊髓丘脑侧束和脊髓丘脑前束上行，两束合称为脊髓丘脑束。脊髓丘脑束上行至丘脑腹后外侧核，自该核发出的三级神经纤维再经内囊投射到大脑皮质第一躯体感觉区的相应部位。

（1）**脊髓丘脑前束（Anterior Spinothalamic Tract）**：脊髓丘脑前束（图 2-9）位于脊髓前索，在脊神经前根出脊髓处的内侧白质部，协助粗触觉和压觉的信息输入。源于皮肤感受器（毛袖、触觉小体）的感觉神经冲动，经过周

围神经纤维传至假单极脊神经节细胞，然后经过后根传导至脊髓丘脑前束；其纤维在白质前连合交叉至对侧，并于前外侧索内上行，与脊髓丘脑侧束和内侧丘系一起止于丘脑（腹后外侧核），冲动在丘脑内交换三级神经元（丘脑皮质束）后到达中央后回。

（2）**脊髓丘脑侧束（Lateral Spinothalamic Tract）**：脊髓丘脑侧束位于脊髓外侧索脊髓小脑前束（*Anterior Spinocerebellar Tract*）的内侧，协助痛觉和温度觉的信息传入。周围感受器为皮肤内的游离神经末梢，它们形成较细的 A 纤维以及几乎无髓鞘的 C 纤维，这些纤维为假单极脊神经节细胞的周围性突起。中枢性突起则通过后根外侧部进入脊髓，在脊髓内分出短的纵向侧支，这些侧支在 1~2 个节段内与胶状质内的索细胞发生突触联接（二级神经元），索细胞的突起形成脊髓丘脑侧束（图 2-10）；其轴索在上升前，经过白质前连合和灰质交叉到脊髓对侧，然后在后索内上行至丘脑。传导痛觉和温度觉的纤维在其行程中排列紧密，从解剖上难以分开。脊髓丘脑侧束损伤时不仅累及传导痛觉和温度觉的纤维，而且损伤程度也有明显差异。

#### 知识链接：

##### 脊髓丘脑前束病变

由于形成脊髓丘脑前束的一级神经元的纤维首先在同侧后索内上升较长距离，中途发出侧支至交叉的二级神经元，所以脊髓丘脑前束在胸腰部损伤时，常常不会引起明显的触觉丧失，主要因为许多冲动由于长距离同侧走行而绕过损伤区。如果脊髓丘脑前束损伤在颈部，则只引起对侧下肢感觉轻度减退。

##### 脊髓丘脑侧束病变

脊髓丘脑侧束为痛觉和温度觉刺激的主要传导束。该束被切断（脊髓丘脑侧束切断术，过去治疗顽固性疼痛有时采用此法）后，疼痛并不完全消失。所以有人认为，疼痛刺激大概还可通过

脊髓神经元沿脊髓在固有束的内部传导束传导。

如果在脊髓腹侧部内切断脊髓丘脑侧束，则切断平面以下对侧 1~2 个节段的痛觉和温度觉丧失，而触觉保留（分离性感觉障碍）。

**3. 脊髓小脑束** 脊髓小脑束 (Spinocerebellar Tract) (图 2-11) 包括两束：脊髓小脑前束 (Anterior Spinocerebellar Tract) 和脊髓小脑后

束 (Posterior Spinocerebellar Tract)，分别位于脊髓外侧索周边的前后部，主要负责将本体感觉和皮肤感觉信息传输到小脑，以调节躯体运动。脊髓小脑束主要包含起快速传递本体感觉信息作用的粗大有髓神经纤维，传导速度快，对维持身体姿势、平衡和动作稳定性起到重要作用。

脊髓小脑前束位于脊髓白质外侧索前部的

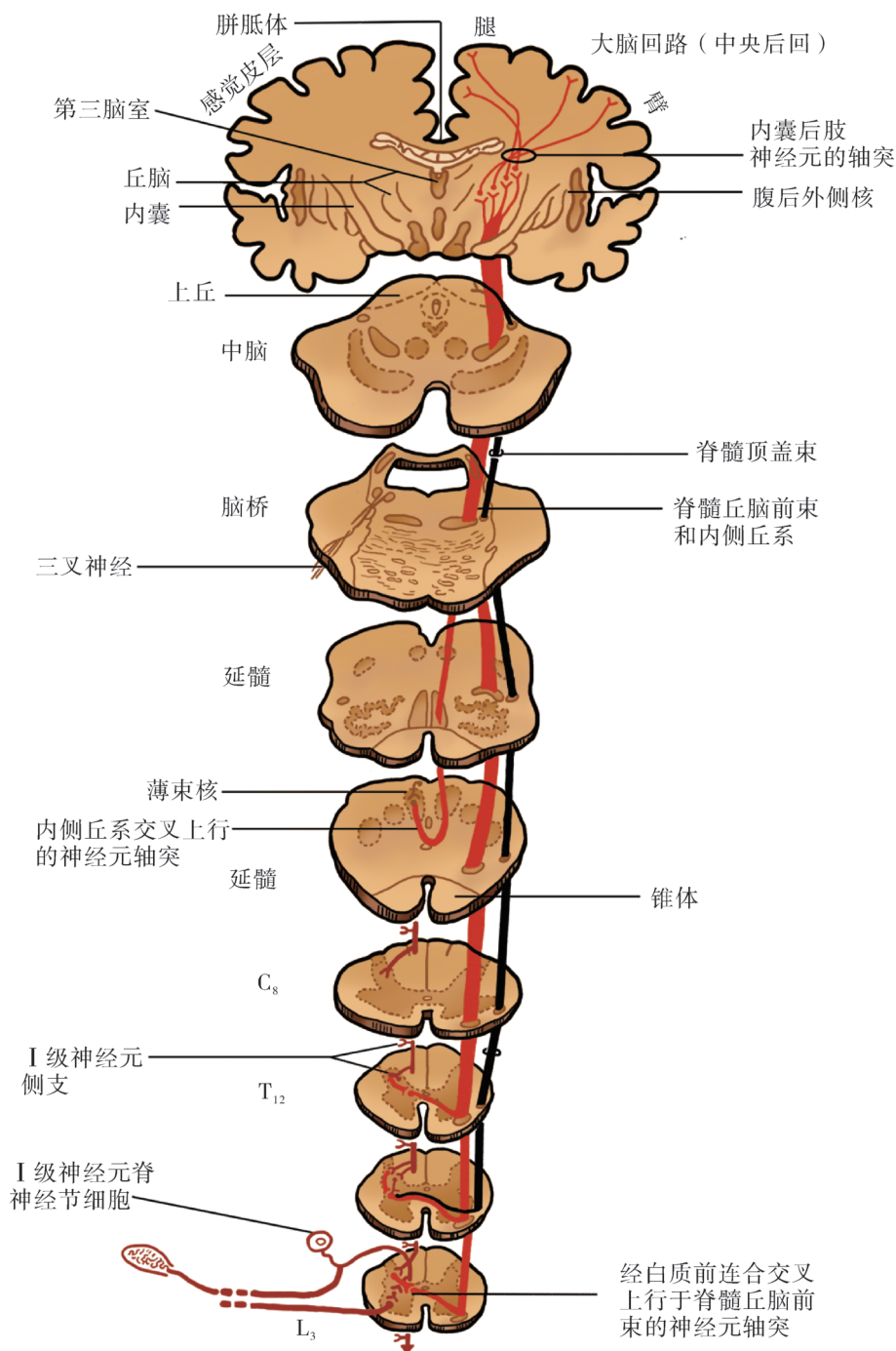


图 2-9 脊髓丘脑前束



表层，紧邻侧索脊髓小脑后束的腹侧，起于上腰区。此束上行经延髓、脑桥，止于小脑蚓部，主要传导来自于下肢协调运动和姿势的深部感觉神经信息，并通过多突触传出冲动影响肌张力以及协调拮抗肌和主动肌，即影响行走和任何其他运动的协调性。

脊髓小脑后束位于脊髓白质外侧索后部表

层，紧邻皮质脊髓侧束的外侧，约起于第2、第3腰髓水平，上升过程中逐渐变粗，在接受来自后索的部分神经纤维后经延髓止于同侧小脑蚓部。主要传导来自躯干下部和下肢的躯体感觉（空间特异性感觉信息）和皮肤触压觉，配合小脑对肢体的运动和姿势进行精细调节。来自上肢的躯体感觉信息经由后索的楔束上行

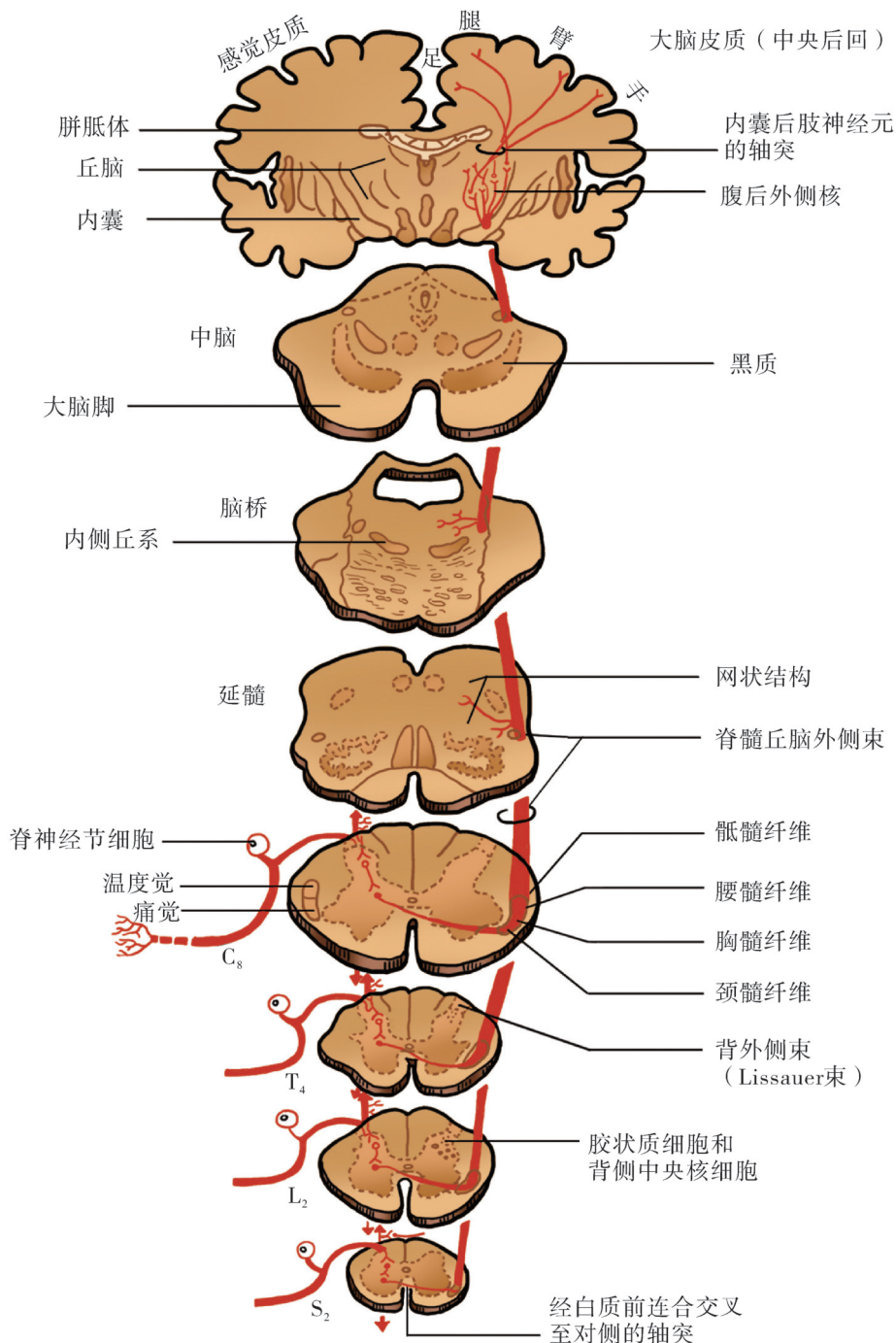


图 2-10 脊髓丘脑侧束

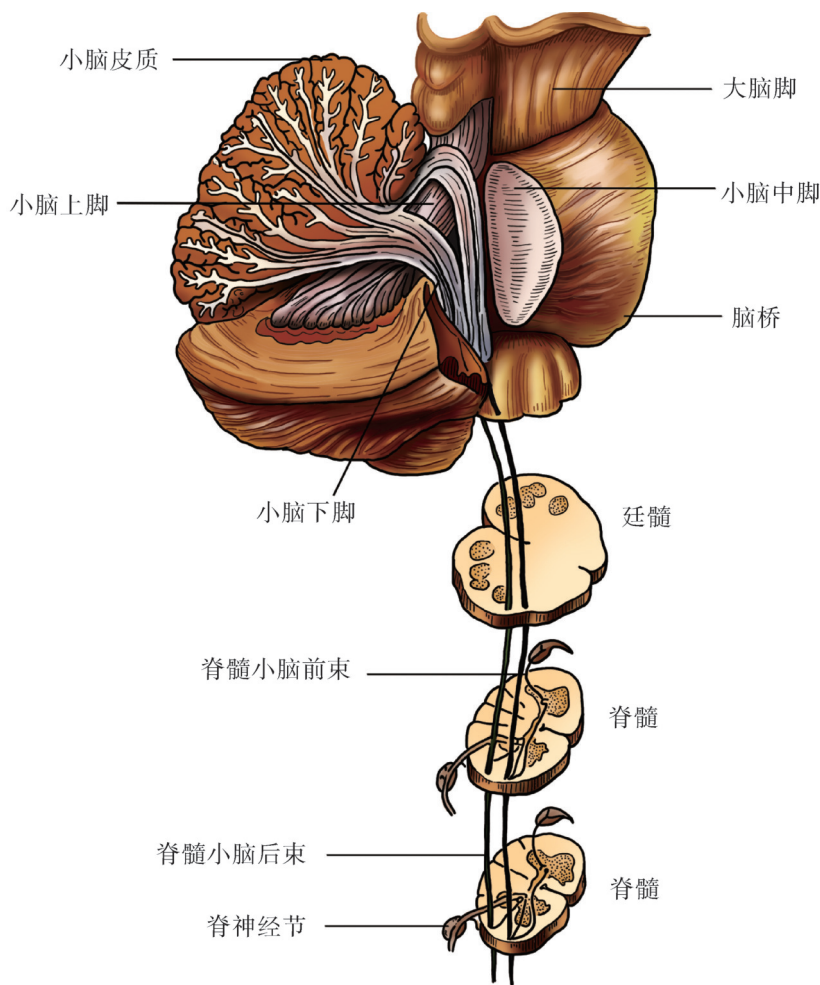


图 2-11 脊髓小脑束

传入小脑。

**4. 其他传入性脊髓束** 除脊髓后索、脊髓丘脑束和脊髓小脑束外，脊髓还包含通向脑干的不同靶区以及脑皮质下不同核区的其他传入性脊髓束。这些传导束起源于脊髓后柱（二级传入性神经元），然后在前外侧索内上行，如脊髓网状束、脊髓顶盖束、脊髓橄榄束和脊髓前庭束等（图 2-12）。

#### 知识链接：

##### 脊髓感觉传导通路中断的感觉缺失

感觉传导通路受损部位不同，其所引起的感觉障碍的区域和障碍的性质有明显的差异。以下是几种典型的传入神经通路病变所引起的各种感觉异常形式：

- 若病变累及脊髓丘脑侧束，则对侧痛觉

和温度觉丧失，但其他感觉如触觉保留。

- 若病变累及脊髓丘脑前束，则对侧除痛觉和温度觉以外的其他感觉如轻触觉均消失。

- 若病变累及脊髓小脑束，则同侧下肢本体感觉障碍，关节运动觉和位置觉消失。

- 脊髓后索损伤则引起位置觉、振动觉、辨别觉和其他感觉的丧失，并伴有同侧共济失调。

- 脊髓灰质后角受损则引起同侧痛觉和温度觉丧失，但其余各种感觉保留（分离性感觉障碍）。

- 多个相邻后根受损时，出现根性感觉异常和疼痛，以及相应皮节区的各种感觉减退甚至丧失。如果是支配上肢和下肢的神经根受损，则还出现肌张力低下或无张力、反射消失和共济失调等。

## 二、下行神经传导通路

凡由大脑皮质或皮质下中枢发出纤维，终止于脑干和脊髓的运动性核团，再经周围神经至效应器的通路，都叫下行性神经传导通路（也称运动传导通路）。它的主要功能是控制躯体或内脏效应器官的运动，某些通路还可能影响感觉向中枢的传导。脊髓下行传导通路（图 2-13）主要包括锥体系的皮质脊髓束和锥体外

系的红核脊髓束、前庭脊髓束、网状脊髓束，以及发自脑干的顶盖脊髓束和内侧纵束等。

**1. 皮质脊髓束** 中央前回（初级运动区）和邻近的皮质区锥体细胞轴突集合形成皮质脊髓束（Corticospinal Tract，图 2-14）。皮质脊髓束经内囊后肢下行，至中脑的大脑脚底，占其中间 3/5 的外侧部；然后至脑桥基底部，分散成大小不等的纤维束下行，至延髓锥体，纤维又聚拢形成**锥体束（Pyramidal Tract）**。

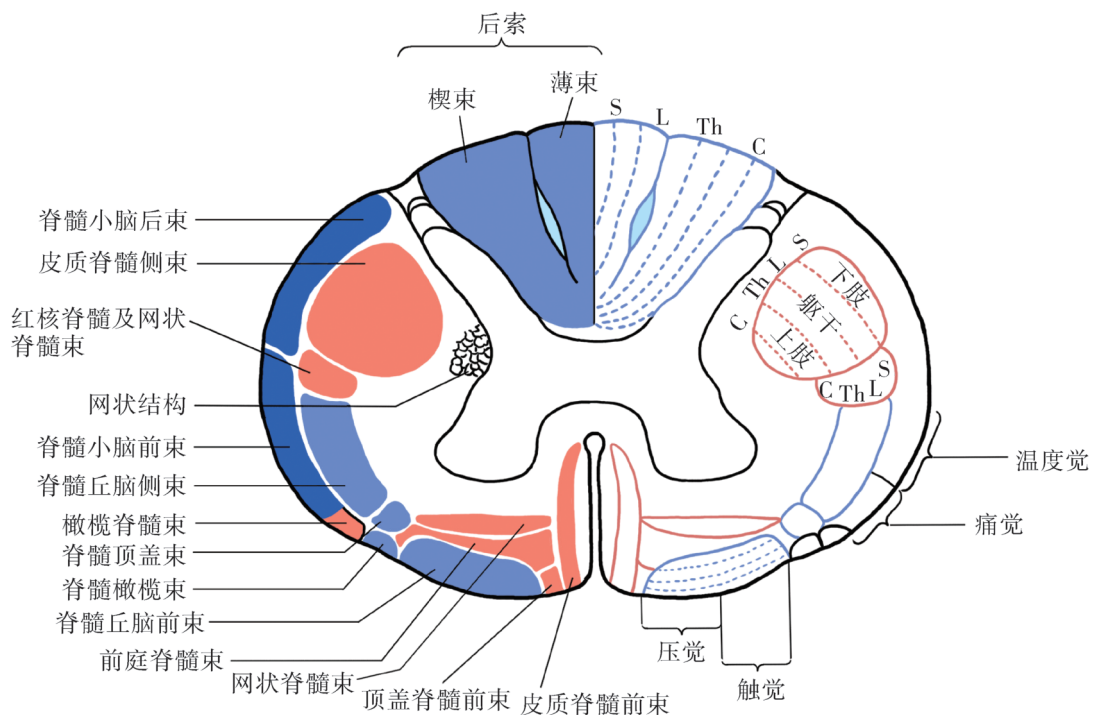


图 2-12 脊髓横断面各传导束的躯体投影分布

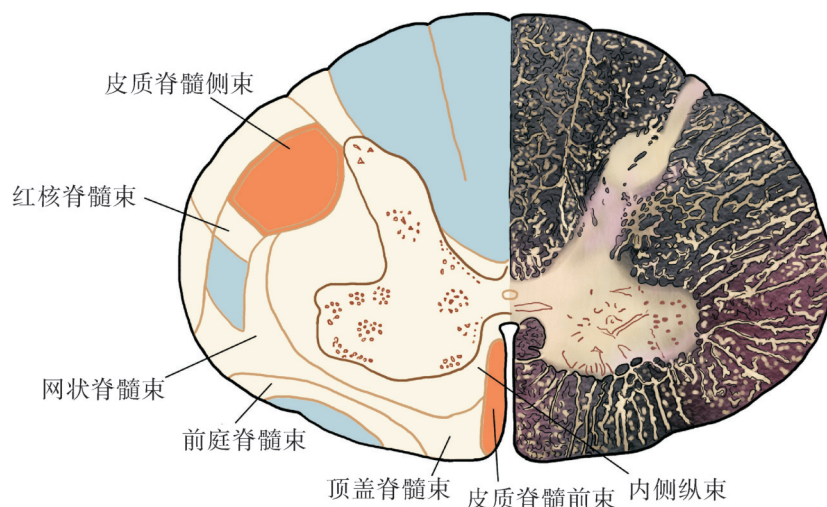


图 2-13 脊髓下行传导束

锥体束是连接初级运动区和脊髓前角细胞最直接的通路。**皮质脊髓束 (Corticospinal Tract)** 下行至延髓下端, 约 85% 的上运动神经元纤维经锥体交叉越至对侧, 在延髓外侧索下行, 抵达腰骶髓, 形成皮质脊髓侧束。皮质脊髓侧束的纤维在下行过程中陆续止于同侧脊髓前角运动细胞, 主要是前角外侧核, 前角外侧核发出纤维经脊神经根传出, 支配四肢带肌和四肢肌。至延髓内没有交叉的 15% 的纤维仍在同侧下行于脊髓前索, 于脊髓前正中裂的两侧形成皮质脊髓前束; 其纤维在下行过程中在其相应节段通过脊髓白质前联合交叉到对侧, 止于对侧前角运动细胞。一般认为皮质脊髓前束只达颈髓和胸髓的上位几个节段。在高位脊髓部位, 颈部上运动神经元位于脊髓锥体系近中心

部位, 腰骶部上运动神经元位于外周部位。这也是脊髓空洞症或中央索综合征患者上肢运动功能受累较重, 而下肢受累较轻的解剖基础。

**2. 红核脊髓束** 红核脊髓束 (**Rubrospinal Tract**) 大致位于皮质脊髓束腹侧且与其无明显界线。此束在低等动物中比较显著, 在人类则不甚发达。红核脊髓束起于中脑红核, 交叉后在脊髓侧索下行, 止于灰质板层 V ~ VII 层 (大部分皮质脊髓侧束也止于此), 仅投射至上 3 个颈髓段。此束对支配屈肌的运动神经元有较强的兴奋作用, 它与皮质脊髓束一起对肢体远端肌肉运动发挥重要影响。

**3. 前庭脊髓束** 前庭脊髓束 (**Vestibulospinal Tract**) 起于同侧延髓前庭外侧核, 下行于脊髓前索外侧部, 止于灰质板层 VIII 和部分板层 VII。

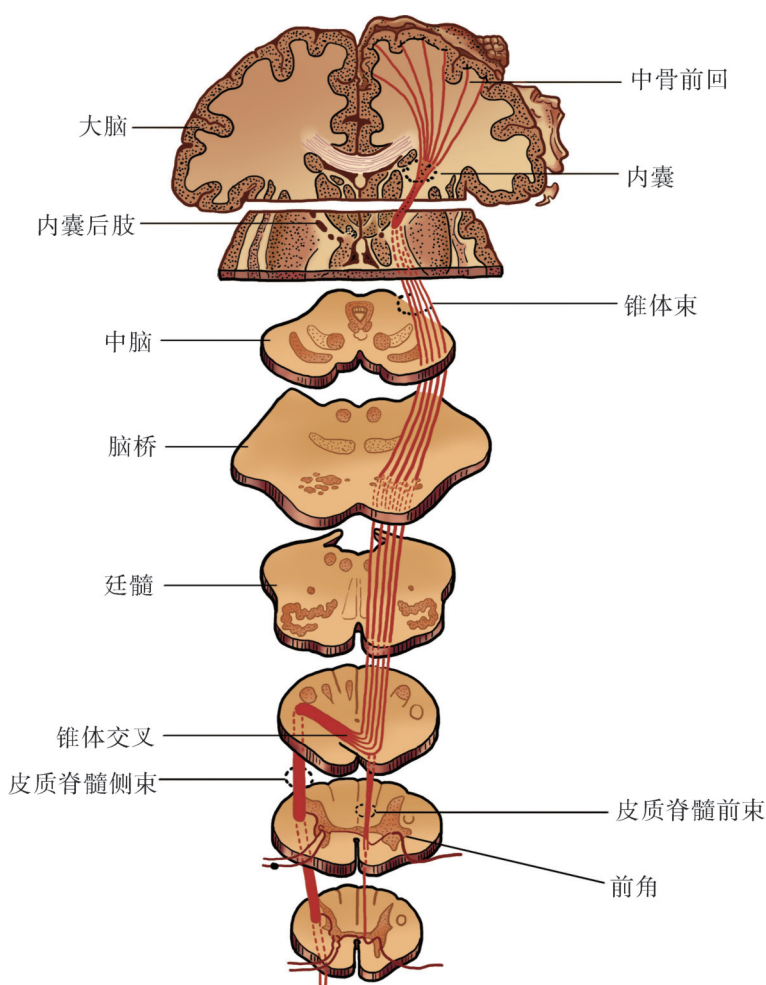


图 2-14 皮质脊髓束



此束主要兴奋躯干肌及肢体的伸肌，在调节身体平衡中起重要作用。

**4. 网状脊髓束 网状脊髓束 (Reticulospinal Tract)** 来自脑桥和延髓的网状结构，大部分以同侧为主。此束较弥散，行于白质前索和侧索前内部，纤维止于灰质板层Ⅶ、Ⅷ。此束主要参与对躯干和肢体近端肌肉运动的控制。

**5. 顶盖脊髓束 顶盖脊髓束 (Tectospinal Tract)** 起自中脑上丘，向腹侧行，于中脑水管周围灰质腹侧经被盖背侧交叉越边，在前索内下行，终止于上段颈髓板层Ⅵ、Ⅷ。此束兴奋对侧颈肌，抑制同侧颈肌活动。

**6. 内侧纵束 内侧纵束 (Medial Lonsitudinal Fasciculus)** 位于前索皮质脊髓前束的背侧。内侧纵束小部分纤维起自中脑中介核、后连合核、Darkschewitsch 核以及网状结构，而大部分来自前庭神经核。纤维主要来自同侧，部分来自对侧，终于灰质板层Ⅶ、Ⅷ，经中继后再达前角运动神经元；其主要作用是协调眼球的运动和头、颈部的运动。

#### 知识链接：

#### 脊髓下行传导通路损害后的外周表现

脊髓下行传导通路损害后的外周表现复杂。在皮质脊髓束损害急性期，牵张反射被抑制，肌肉出现弛缓性麻痹。数天或数周后牵张反射逐渐恢复，甚至过度活跃，肌肉受到牵张后会引引起较正常更为敏感的反应，这种情况在上肢屈肌和下肢伸肌的表现尤为突出，即牵张反射亢进。牵张反射亢进与下行传导通路损伤后， $\alpha$  运动神经元兴奋性增高和各种来自高位中枢的抑制性神经冲动减弱有关，肌梭内纤维被持续激活而引起肌肉牵张反应敏感性增强。同时还伴有痉挛性张力增高和反射亢进，以及锥体束征或（和）阵挛。

颈髓平面锥体束已经交叉，且该平面还有非锥体纤维走行。一侧锥体束病变（肿瘤、脊

髓炎、外伤等）可引起同侧痉挛性瘫，双侧受损则出现四肢痉挛性瘫痪。

痉挛性瘫痪说明存在中枢神经系统（脑、脊髓）损伤。内侧和外侧系统同时受损（如脊髓病变）的患者痉挛更为显著，但单纯皮质损害则不会出现痉挛状态。这说明辅助运动传导通路对痉挛状态的产生具有重要意义，尽管痉挛状态的病理生理机制至今尚不十分清楚。

#### 中枢性痉挛性瘫痪综合征

- 肌力减低伴精细运动丧失。
- 痉挛性肌张力增高。
- 牵张反射增强，可伴有阵挛。
- 外感受性反射减退或消失（腹壁反射、提睾反射、跖反射）。
- 病理性反射出现（Babinski 征、Oppenheim 征、Gordon 征、Mendel-Bechterew 征等）。
- 废用性肌萎缩。

### 三、自主神经传导通路

脊髓不仅传导运动和感觉神经信息，还传导自主神经信息。自主神经系统在激素和各种脑干核团的共同作用下调节各种重要的生命功能，维持内环境稳定，如呼吸、循环、代谢、体温调节、代谢、消化、分泌和生殖等功能。由于这些功能不受主观意识控制，故称为自主（不随意）神经系统，旧称为植物神经系统。自主神经系统可分为两个系统，即**交感神经系统 (Sympathetic Nervous System)** 和**副交感神经系统 (Parasympathetic Nervous System)**，两者互相拮抗、互相补充，共同配合维持各种生命体征的稳定状态。自主神经系统主要支配内脏、血管和腺体的平滑肌，所以又常称为内脏运动性纤维。

交感神经在脊髓内的一级神经元位于胸髓和腰髓内（外侧灰质部， $T_1 \sim T_{12}$ 、 $L_1$ 、 $L_2$ ），而副交感神经在脊髓部分的一级神经元



位于骶髓（S<sub>2</sub>~S<sub>4</sub>）侧角内，并经骶神经穿出。颈髓损伤患者失去高位交感神经控制和骶段副交感神经控制。胸、腰和骶段脊髓损伤患者，根据其损伤平面不同会失去对交感或（和）

副交感神经功能的控制。颅内的副交感神经纤维不会因脊柱损伤而受到影响。常见的几种对脊髓损伤患者影响较大的自主神经功能障碍见表 2-3。

表 2-3 对脊髓损伤患者影响较大的交感、副交感神经控制一览表

器官	交感神经			副交感神经		
	节前神经元	节后神经元	作用	节前神经元	节后神经元	作用
心脏	T <sub>1</sub> ~T <sub>5</sub>	颈神经节和胸神经节	加速作用 冠状动脉扩张	迷走神经背核（颅内）	心脏神经丛	心动过缓 冠状动脉收缩
直肠	L <sub>1</sub> ~L <sub>2</sub>	腹下神经节	抑制蠕动与分泌	S <sub>2</sub> ~S <sub>4</sub>	黏膜下神经丛	分泌、蠕动、排空
膀胱	L <sub>1</sub> ~L <sub>2</sub>	腹下神经丛	内括约肌收缩 逼尿肌松弛	S <sub>2</sub> ~S <sub>4</sub>	膀胱神经丛	内括约肌松弛 逼尿肌收缩

**1. 交感神经系统** 交感神经系统中交感神经节前纤维起于侧角细胞，与躯体运动神经元的轴突一起经前根离开脊髓进入交感干，通过交感干的下行传导支配血管、内脏、膀胱、直肠、毛囊和瞳孔的平滑肌，还支配心肌以及汗腺、泪腺、唾液腺和消化腺。交感神经兴奋对内脏，包括膀胱和直肠的平滑肌以及消化腺有抑制作用，而对其他效应器则有兴奋作用。动脉血管只接受交感神经支配，交感神经兴奋性增高，血管收缩；交感神经兴奋性降低，则血管扩张。

**2. 副交感神经系统** 副交感神经起源于脑干内核和脊髓骶段（S<sub>2</sub>~S<sub>4</sub>）。来自骶髓的副交感神经支配结肠、直肠、膀胱和生殖器官，主要与这些器官的排空功能有关，另外还有勃起男性阴茎的作用。而交感神经则使输精管和精囊收缩而产生射精动作。脊髓副交感神经对排泄和生殖功能有重要意义。

**3. 脊髓损伤引起的自主神经功能障碍导致的临床问题** 脊髓损伤的阶段不同，累及的自主神经功能障碍的范围和程度不同，导致的临床问题也不同。T<sub>6</sub> 以上胸髓损伤常会引起支配心脏的交感和副交感神经元受累，患者可能会出现自主神经过反射现象。交感神经损伤后血

管扩张，肠血管内充血明显，出现内脏区淤血现象。患者坐起时血液淤滞于内脏血管中，还会下降到下肢血管内，回心血流不足，引起心脑血管血液灌注不足而导致直立性低血压。副交感神经会引起心律减慢、血压降低等。T<sub>12</sub> 上下方的脊髓损伤会累及支配膀胱逼尿肌和尿道外括约肌的交感神经支配，引起膀胱逼尿肌松弛和尿道内括约肌紧张的不协调现象；且因为高位离断，处于 S<sub>2</sub>~S<sub>4</sub> 的躯体神经控制的尿道外括约肌也可能会出现高张力现象，三者共同作用破坏排尿机制而使患者出现排尿障碍。

### 第三节 脊髓损伤的神经功能评估

脊髓损伤后患者的神经功能状况会出现不同的变化，对脊髓损伤患者神经功能进行评定有助于我们正确了解患者脊髓损伤的性质和程度、评估康复治疗效果等。统一的脊髓损伤神经功能评定标准对于临床工作和科研人员有重要的意义。理想的评定标准应该是统一、精确并容易操作的。不同患者之间的评估结果应该有较高的一致性，不统一的标准将影响疗效观察和研究结果的可靠性。

目前，用于脊髓损伤神经功能评定的标准侧重于评定损伤的脊髓神经功能状况，即神经学检查分级标准。神经学检查分级标准在现代脊髓损伤神经学检查中被普遍采用，使用较多的标准主要有 Frankel 分级法和 AIS 分级法。

### 一、Frankel 分级法

Frankel 分级法是 AIS 分级法的前身。1969 年 Frankel 根据脊髓损伤患者损伤平面以下感觉和运动保留情况将脊髓损伤的程度分为 5 个级别（表 2-4）。该法强调实际运动功能，目前仍有部分欧洲国家的医生和物理治疗师在使用。

表 2-4 Frankel 分级法

分级	感觉和运动情况
A 级	损伤平面以下感觉及运动功能完全消失
B 级	损伤平面以下无运动功能，仅存某些感觉功能
C 级	损伤平面以下仅存一些无用的运动功能
D 级	损伤平面以下存在有用的运动功能，但不完全
E 级	感觉、运动及括约肌功能正常

Frankel 分级法比较简单，只需要做一般的感觉和运动功能检查就可以完成，但不够严谨。C 级和 D 级描述的损伤程度跨越的范围较大，该法对功能变化缺乏敏感性，对感觉和括约肌功能状况的描述也不详细。目前，Frankel 分级法无论是作为脊髓损伤急性期的诊断标准，还是作为功能结果的判断标准，在很大程度上已被弃用。

### 二、AIS 脊髓损伤分级法

AIS 脊髓损伤分级（ASIA Impairment Scale, AIS）是在美国脊柱损伤协会（ASIA）多年的临床应用研究基础上和国际截瘫医学会（IMSOP）共同提出的脊髓损伤神经学分类标准。该分级方法基于标准化的运动和感觉功能评估（图 2-15），主要根据身体运动、感觉功能保留情况来确定患者脊髓神经损伤的平面

和损伤程度。

**1. 运动平面** AIS 分级法根据患者特定平面支配的 10 对关键肌群的肌力水平来评估脊髓损伤的运动平面，10 对关键肌群分布在上肢和下肢（表 2-5）；上肢分别反应 C<sub>5</sub>~T<sub>1</sub>5 个脊髓节段的功能，下肢分别反应 L<sub>2</sub>~S<sub>1</sub>5 个脊髓节段的功能。关键肌运动功能评估参照徒手肌力测试法（manual muscle test, MMT；表 2-6）。

表 2-5 运动关键肌群

神经平面	关键肌群	神经平面	关键肌群
C <sub>5</sub>	屈肘肌	L <sub>2</sub>	屈髋肌
C <sub>6</sub>	伸腕肌	L <sub>3</sub>	伸膝肌
C <sub>7</sub>	伸肘肌	L <sub>4</sub>	踝背伸肌
C <sub>8</sub>	指深屈肌（中指）	L <sub>5</sub>	趾长伸肌
T <sub>1</sub>	小指外展肌	S <sub>1</sub>	踝跖屈肌

表 2-6 徒手肌力测试法（MMT）

分级	运动功能
0 级	没有肌肉收缩
1 级	肌肉有轻微收缩或一过性收缩
2 级	不抗重力可以完成关节全范围活动
3 级	抗重力可以完成关节全范围活动
4 级	对抗阻力可以完成关节全范围活动
5 级	正常肌力

AIS 运动功能评估标准和徒手肌力测试法之间的最大差别是 AIS 分级法要求在关键肌肌力检查时患者应处于仰卧位姿势。采用这种姿势的原因有：一是因为姿势标准化非常重要；二是很多情况下患者自身情况不允许采用其他测试姿势，尤其是创伤性脊髓损伤早期。测试过程中肢体位置不同，重力影响也不同，如进行髂腰肌 2 级肌力测试时要求患者下肢为外旋体位。而且，AIS 运动功能评估中肌力表现复杂多变，如上肢肌力在 1 级左右时采用不抗重力体位，下肢除跖屈肌外均则采用抗重力体位。表 2-7 描述了 AIS 运动功能评估的一般原则。

[illegible]

图 2-15 AIS 脊髓损伤神经学分类标准和步骤

2013版

## 肌力分级

0 = 完全瘫痪

1 = 可触及或肉眼可见的肌肉收缩

2 = 不抗重力可以完成关节全范围活动

3 = 抗重力可以主动完成关节全范围活动

4 = 抗重力可以主动完成关节全范围活动，且可抵抗中等强度的阻力

5 = 肌力正常，抗重力可以完成关节全范围活动，在功能位上可抵抗足够的阻力，尤其是来自他人的外力

5\* = 肌力正常，在无任何影响因素（如疼痛或使用）下，可对抗重力或足够阻力完成关节全范围活动

NT = 无法检查（如：制动、严重疼痛、截肢、关节挛缩>50%ROM等）

## 感觉分级

0 = 缺失

1 = 改变，包括感觉减退或过敏感

2 = 正常

NT = 无法检查

## 非关键肌功能（可选）

可用于判断和区分运动功能AIS B级和C级

运动		神经平面
肩关节：屈、伸、外展、内收、内旋	肘关节：旋后	C <sub>5</sub>
肘关节：旋前	腕关节：屈	C <sub>6</sub>
手指：屈曲、伸展近端指间关节	拇指：屈曲、伸展和拇指水平外展	C <sub>7</sub>
手指：掌指关节屈曲	手指：对掌、内收、外展至与手掌呈垂直位	C <sub>8</sub>
手指：食指外展	腕关节：内收	T <sub>1</sub>
腕关节：外旋	髋关节：伸屈、外展、内旋	L <sub>2</sub>
膝关节：屈曲	踝关节：内翻、外翻	L <sub>4</sub>
足趾：足跖趾关节和趾间关节伸展	脚趾：内收	S <sub>1</sub>

## ASIA损伤程度分级（AIS）

A=完全性损伤骶部（S4~S5）无感觉或运动功能保留。

B=感觉不完全性损伤平面以下，包括骶段（S4~S5）有感觉功能（轻触觉、针刺觉或肛门深压觉）保留，但无运动功能，且身体两侧神经损伤平面以下运动功能保留均不超过3个节段。

C=运动不完全性损伤神经、损伤平面以下有运动功能保留\*\*，且超过半数的关键肌肌力小于3级（0~2级）。

D=运动不完全性损伤、神经损伤平面以下有运动功能保留\*\*，至少半数的关键肌肌力大于或等于3级。

E=正常ISNCSCI检查各阶段感觉和运动功能正常，但之前有神经功能异常病史才可诊断为AIS E级，如果之前检查所有阶段感觉和运动功能均无异常，则不做AIS分级。

\*\*若患者被诊断为C级或D级，即：运动功能不完全性损伤，则必须有（1）肛门括约肌随意收缩；或者（2）骶部感觉和运动功能均保留，但在身体一侧运动损伤平面以下有超过3个节段的运动功能存在。本次修订的国际标准允许用损伤平面以下超过3个平面的非关键肌判断运动功能损伤程度（AIS B级或C级）

注意：评定损伤平面以下运动功能残留范围以区别AIS B级或C级时，身体两侧的运动平面都需要评估。当区别AIS C级和D级（关键肌肌力3级或以上比例）时需使用神经学损伤平面。



## 国际脊髓损伤神经学分类标准

## 分级步骤

对脊髓损伤分级时推荐以下鉴别程序：

1. 确定身体左右两侧的感觉损伤平面  
感觉平面是身体两侧最靠近低水平轻触觉和针刺觉都正常的感觉皮节区。
2. 确定身体左右两侧的运动损伤平面  
根据肌力大于或等于3级（仰卧位）的最低关键肌决定，但近端的所有关键肌肌力须正常（5级）。  
注：在上一节无可评估肌节的区域，运动平面可同感觉平面。
3. 确定神经损伤平面(NLI)  
神经损伤平面是指感觉功能正常和具备抗重功能（肌力大于或等于3级）肌群的最低神经平面，但近端身体双侧的感觉和运动功能都需正常。  
NLI是根据1、2两步确定的最高感觉和运动平面。
4. 判断是否为完全性损伤  
（是否存在骶部保留？）  
如果主动肛门收缩=消失，且骶部（S<sub>2</sub>, S<sub>4</sub>）感觉=不存在，且肛门深压觉=消失，则为完全性损伤。  
否则为不完全性损伤。
5. 判断损伤等级：  
完全性损伤：是 AIS=A 记录感觉保留带ZPP  
（身体每侧残留的最低皮节和肌节）  
运动功能完全损伤：是 AIS=B  
（否=感觉不完全损伤的患者有肛门随意收缩或单侧运动损伤平面以下有超过3个节段的运动功能残留）  
神经损伤平面以下是否有半数（含）  
以上的关键肌肌力达3级或以上？  
是 AIS=C  
否 AIS=D  
如果各节段感觉和运动功能都正常，则AIS=E

注：AIS E 用于评估既往有文件资料记录的脊髓损伤恢复至正常功能，如果开始就没有发现神经功能的缺损，则认为该患者神经没有损伤，本表则不适用。

续图 2-15 AIS 脊髓损伤神经学分类标准和步骤

本图可以复制，但未经美国脊柱损伤协会（ASIA）的允许不得修改（南京医科大学第一附属医院康复医学中心蔡可书译）

2013版



表 2-7 AIS 运动功能评估 10 原则

序号	内容
1	先测 3 级肌力，然后根据患者运动表现决定下一步是测 4 级还是 2 级
2	只测神经损伤导致的肌力下降状况，对因疼痛所致关节无法完成配合动作不适本法
3	有严重肢体挛缩时（关节活动范围缺失 $\geq 50\%$ ）、严重疼痛、张力较高或痉挛发作时不做评估
4	上肢肌力处于 1 级时，采用去重力体位
5	下肢肌力处于 1 级时，采用抗重力体位（跖屈肌除外）
6	上下肢肌力 4 级时，均采用抗重力体位（ $T_1$ 和 $S_1$ 支配的肌肉除外）
7	不用半级或“+”“-”等表示
8	测试 2~5 级肌力时，让患者用各种方式完成尽可能大范围的活动；4~5 级应该在抗阻情况下完成关节全范围活动
9	保证测试时不出现代偿运动（如肘伸肌 3 级测试时肩关节不出现下沉动作）
10	如跨两个或多个关节的肌肉伸展受限，肌力测试体位需做调整（如患者指屈肌缩短，手指屈肌应该在手腕屈曲状态下进行评估）

躯体每侧 AIS 运动平面的确定取决于最低水平的关键肌，该肌肌力最小为 3 级，但之上的各关键肌肌力均需正常。左右两侧的运动平面可以不一致。胸段脊髓损伤没有特定的肌肉用以评估其确切的平面，因此，胸髓损伤主要用感觉平面进行确定。

身体双侧上肢 5 对肌肉群的运动评分相加之总分最高可达 50 分，下肢也是最高为 50 分。

**2. 感觉平面** 感觉功能评估用以评估身体左右两侧的感觉平面。AIS 感觉功能评估需对身体左右两侧各 28 个**感觉关键点**（Sensory Key Point）分别进行轻触觉和针刺觉测试（表 2-8），每点代表一个皮节，即一个感觉神经平面（图 2-16，图 2-17）。用三分表对该点轻触觉和针刺觉进行评估，正常 =2 分，异常（包括感觉障碍或感觉改变、感觉过敏）=1 分，缺失 =0 分。

身体两侧的感觉平面界定取决于轻触觉和针刺觉均正常的最远端皮节区，并且之上的所有感觉关键点感觉都需正常。和运动平面一样，感觉平面也可能会出现双侧不一致的现象。身体双侧各 28 个感觉关键点的轻触觉和针刺觉得分最高共计 224 分，另外还需注明肛周感觉

存在与否。除此之外，在检查时还可以附加评估上下肢远端本体感觉（关节运动觉和关节位置觉或振动觉）。

表 2-8 感觉关键点

节段	感觉检查点	节段	感觉检查点
C <sub>2</sub>	枕骨粗隆	T <sub>8</sub>	第 8 肋间隙
C <sub>3</sub>	锁骨上间隙	T <sub>9</sub>	第 9 肋间隙
C <sub>4</sub>	肩锁关节顶点	T <sub>10</sub>	第 10 肋间隙
C <sub>5</sub>	前臂间隙外侧缘	T <sub>11</sub>	第 11 肋间隙
C <sub>6</sub>	拇指	T <sub>12</sub>	腹股沟韧带的中点
C <sub>7</sub>	中指	L <sub>1</sub>	T <sub>12</sub> 和 L <sub>2</sub> 的中点
C <sub>8</sub>	小指	L <sub>2</sub>	大腿前面中部
T <sub>1</sub>	前臂间隙内侧缘	L <sub>3</sub>	股骨内上髁
T <sub>2</sub>	腋窝顶点	L <sub>4</sub>	内踝
T <sub>3</sub>	第 3 肋间隙	L <sub>5</sub>	足第三掌指关节背侧
T <sub>4</sub>	第 4 肋间隙	S <sub>1</sub>	足跟外侧
T <sub>5</sub>	第 5 肋间隙	S <sub>2</sub>	腘窝中点
T <sub>6</sub>	第 6 肋间隙	S <sub>3</sub>	坐骨结节
T <sub>7</sub>	第 7 肋间隙	S <sub>4</sub> ~S <sub>5</sub>	肛周区域

**3. 神经平面** AIS 神经损伤平面由感觉平面和运动平面共同决定。相对理想的状态是双



侧感觉和运动平面对称且均在同一平面，这种情况下神经损伤平面可以根据运动平面和感觉平面共同确定。然而临床表现不对称或不一致的情况很多见，最低运动和感觉功能均正常的平面可定为神经损伤平面，胸段脊髓损伤主要依据感觉平面确定。如右侧感觉平面在 C<sub>5</sub>，双侧运动平面和左侧感觉平面在 C<sub>6</sub> 的患者，其神经损伤平面应该是 C<sub>5</sub>。

脊髓损伤分为完全性损伤（AIS A）和不完全性损伤（AIS B、AIS C、AIS D、AIS E），其区别的主要依据见表 2-9；其中 S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub> 节段的感觉和运动功能非常重要，可以影响对患者的诊断和预后的判断。骶部保留是神经功能恢复的强烈指征。同样，身体单侧的针刺觉恢复也预示着运动功能可能会恢复（一般认为这和脊髓丘脑束与皮质脊髓束相临近有关）。

骶部保留包括以下四个方面：

- （1）肛周（S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub>）有轻触觉保留。
- （2）肛周（S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub>）有痛觉保留。
- （3）肛门的深部有深压觉，即指检时手指垂直于直肠壁时的压力感觉。
- （4）肛门括约肌有主动收缩功能。

有以上四个方面的其中任何一点即可视为有骶部保留。无骶部残存保留是指患者不具有以上四点中任何一点。这是鉴别完全性脊髓损伤和不完全性脊髓损伤的关键，完全性脊髓损伤指患者无骶部保留，不完全性脊髓损伤指有骶部保留。

完全性损伤（AIS A）患者损伤平面以下可能会在某些区域有部分感觉或运动功能存在，这些有部分感觉或运动功能的最低节段范围称为**部分保留区（Zone of Partial Preservation, ZPP）**，它们应按照身体两侧感觉和运动功能分别记录。例如，如果右侧感觉平面是 C<sub>5</sub>，一直到 C<sub>8</sub> 都存在部分感觉，那么 C<sub>6</sub>~C<sub>8</sub> 应被记录为右侧感觉部分保留区，记录时需标出感觉或运动神经的最低平面。

**4. 脊髓休克** 脊髓损伤后短时间内会有**脊髓休克（Spinal Shock）**现象存在。就像其名字意思一样，脊髓损伤存在一段时间的急性反应期，损伤平面以下的各种反射消失，这种反射消失的情况各异，时间长短不一。关于脊髓休克确切的定义和休克期尚存在争议，主要是因为不同的反射消失的时间不一致，且没有一种反射可以用来明确判断脊髓休克。比如，踝反射减弱或消失常于伤后 6 周开始恢复，但膀胱和直肠功能则可能在伤后数月才开始恢复。有些临床医生仅依据深反射（腱反射）来判断脊髓休克，但也有些人依据球-肛门反射予以判断。一般认为，尾端的反射会比近端的反射恢复得更早，球-肛门反射（S<sub>4</sub>~S<sub>5</sub>）应最先恢复，但此结论颇有争议。目前普遍赞同脊髓休克会在数天至数月后逐渐恢复。

脊髓休克消退的过程中，因上运动神经元的损伤，肌张力减弱或肌痉挛会逐渐出现。痉挛不仅和脊髓休克消退有关，还可能和神经生

表 2-9 AIS 脊髓损伤分级标准

分级	损伤程度	临床表现
A	完全损伤	S <sub>4</sub> ~S <sub>5</sub> 区无感觉和运动功能
B	不完全损伤	S <sub>4</sub> ~S <sub>5</sub> 区有感觉功能，但无运动功能存在
C	不完全损伤	S <sub>4</sub> ~S <sub>5</sub> 区有感觉功能和运动功能存在，并且，损伤平面以下超过半数的关键肌肌力小于 3 级
D	不完全损伤	S <sub>4</sub> ~S <sub>5</sub> 区有感觉功能和运动功能存在，并且，损伤平面以下超过半数的关键肌肌力大于 3 级
E	正常	运动和感觉神经都正常（前期有神经损伤的表现，后期检查正常才可评为 E 级，若一开始检查结果都正常，则不适用于 AIS 评估）

理与身体状况变化有关。痉挛的康复治疗非常重要，尤其是当痉挛引起关节挛缩时。

## 第四节 常见脊髓损伤综合征

由于运动性、感觉性和自主神经在脊髓内的传导通路及神经核团紧密毗邻，所以脊髓病变时这些通路或神经核团可能会出现不同形式的损伤。外周的表现主要有运动障碍、感觉障碍和大小便控制障碍等。临床对脊髓损伤节段和程度的判断都是根据外周症状和临床表现精确推导出的。脊髓损伤可以单独累及白质或灰质（如急性脊髓灰质炎），但更多的是脊髓灰质和白质同时受损。下面将从定位诊断的角度叙述临床几种常见的典型脊髓损伤综合征。

### 一、脊髓横断综合征

**脊髓横断综合征（Syndrome of Complete Transsection of Spinal Cord）**大多由外伤引起，少数由炎症（横贯性脊髓炎）或其他原因所致。脊髓损伤早期损伤平面以下完全迟缓性瘫痪，并丧失所有的感觉，外周肢体张力降低，深反射消失，膀胱功能和直肠功能丧失，性功能消失。

数天或数周后，脊髓神经元少部分逐渐恢复功能，但是与正常情况下影响其功能的大部分中枢结构中断联络。脊髓神经元成为“自动性”，即所谓的脊髓自动调节。损伤平面以下的深浅反射开始出现，大便和排尿功能可逐渐恢复，但不是随意性的，在膀胱充盈到一定程度后会出现反射性排尿。逼尿肌-括约肌协同障碍而伴有残余尿潴留，更常出现反射性排尿。肌肉反射和张力也逐渐恢复，反射甚至可能为亢进性，但性功能消失。

不同平面脊髓横断性损伤会导致不同范围的感觉和运动功能丧失、膀胱和直肠功能障碍， $T_6$ 以上平面损伤的患者还可能会出现自主神经功能障碍等（图 2-16）。

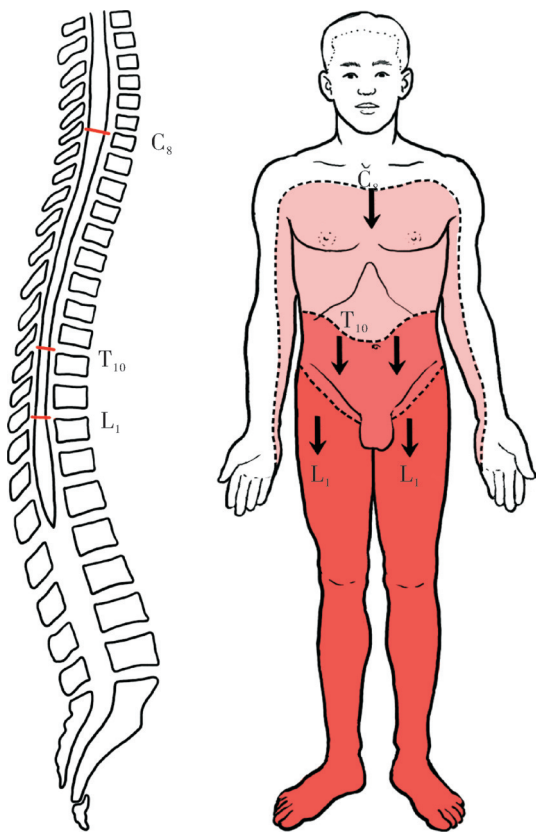


图 2-16 脊髓不同平面横断引起的瘫痪

### 二、脊髓半切综合征

**脊髓半切综合征（Syndrome of Hemisection of Spinal Cord）**也称 Brown-Sequard 综合征（图 2-17），常见于刀伤、枪伤等侵入性伤害。在早年西方国家占有所有脊髓损伤的 2%~4%；我国现在发病占比极少，多为半侧不完全损伤。脊髓半切综合征的主要临床特点是同侧本体感觉和运动消失，对侧痛觉和温度觉消失。症状概括如下：患侧下行运动传导通路中断，脊髓休克后，这一中断导致损伤平面以下同侧轻瘫，并伴有痉挛、反射亢进、病理反射和血管舒缩功能障碍等。后索中断的结果是损伤平面以下同侧关节位置觉、振动觉和触觉辨别觉消失。损伤平面以下同侧痛温觉不减退；因脊髓丘脑侧束在脊髓损伤平面以下交叉到对侧，故对侧下部躯体的痛温觉消失。除上行传导束中断外，受损平面由于前角细胞损害还可能出现迟缓性轻瘫。此外，由于后

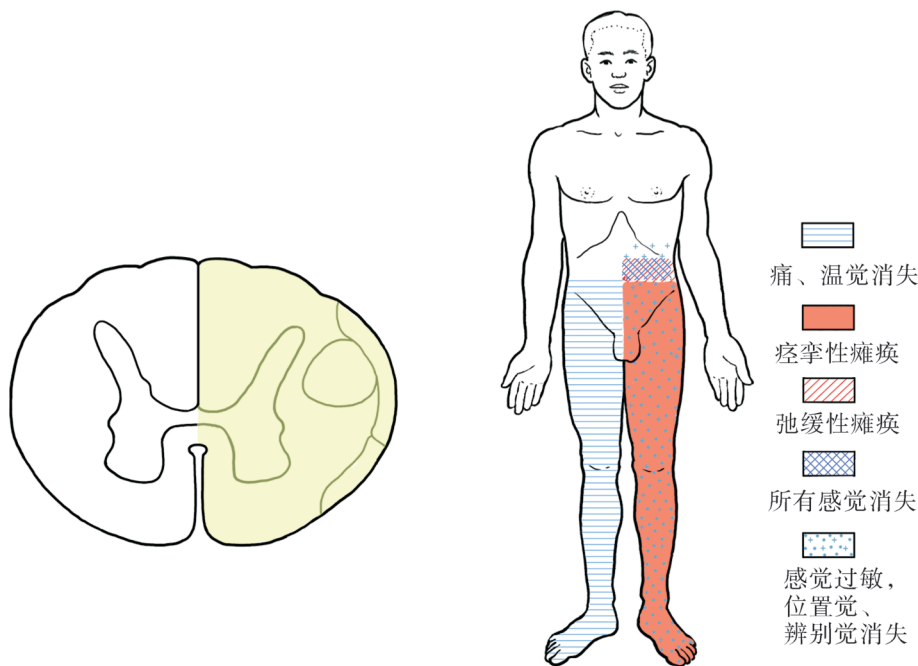


图 2-17 脊髓半切综合征 (Brown-Sequard 综合征)

根受刺激,还会出现损伤平面以上相应皮节区的感觉异常或根性疼痛。

### 三、中央索综合征

中央索综合征 (Syndrome of Central Cord Lesion) 是不完全性脊髓损伤患者具有的特殊表现,好发于颈髓部位,常继发于颈髓血管性疾病和颈椎外伤后 (图 2-18)。颈髓皮质脊髓束的纤维排列从中央向外周依次为颈、胸、腰、骶神经传导束,上肢的运动神经纤维偏于脊髓中央,而下肢的运动神经纤维偏于脊髓的外周,脊髓中央损伤就会导致上肢神经受累重于下肢。这种脊髓损伤多发生在颈髓中央部,原因可能为:①中央索是脊髓前动脉与脊髓后动脉供血的末端,该区供血薄弱,容易受到缺血损害,尤其是颈椎外伤后,血液循环会变得更差。②脊髓中央索组织疏松,水肿易向上下蔓延。③若为中央索出血性坏死,可能还与脊髓损伤后微血管改变相关。

脊髓中央索综合征的典型临床表现为上肢运动功能损伤较下肢重,感觉损伤表现差异较大。研究结果认为 57%~86% 的中央索综合征患者可恢复独立行走功能,低于 50 岁的患者

97% 可独立行走,高于 50 岁的只有 41%。

### 四、脊髓后索综合征

脊髓后索综合征 (Syndrome of Posterior Funiculus) 常继发于所属脊神经节和后根的损伤 (图 2-19)。脊髓后索损伤典型的症状是位置觉、振动觉、辨别觉和实体觉的缺失。另外还有 Romberg 征阳性以及闭眼时共济失调更加显著 (在此需要与小脑共济失调鉴别诊断,后者闭眼时共济失调没有明显加强)。后索损伤常常导致疼痛过敏。后索损伤的原因可能是维生素 B<sub>12</sub> 代谢障碍 (如索性脊髓病等)、脊髓压迫综合征 (如颈椎管狭窄) 等。

### 五、后角综合征

后角综合征 (Syndrome of Posterior Horn) 罕见,偶见于脊髓空洞、脊髓出血、髓内肿瘤等 (图 2-20)。脊髓后角损伤后的感觉障碍为节段性,与后根损伤导致的症状略有差异。后根损伤为单侧节段性完全性感觉障碍,所有感觉定性均受累;而脊髓后角损伤为单侧节段性分离性感觉障碍,只有同侧相应节段痛觉和温

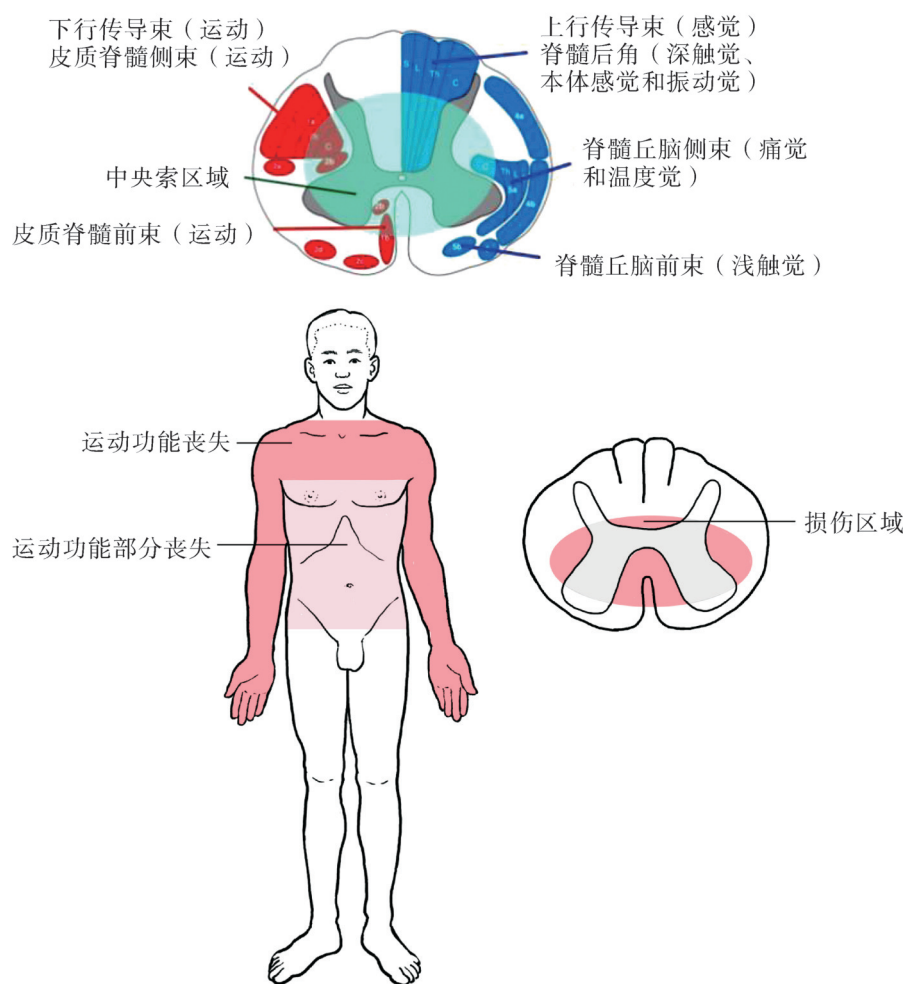


图 2-18 中央索综合征

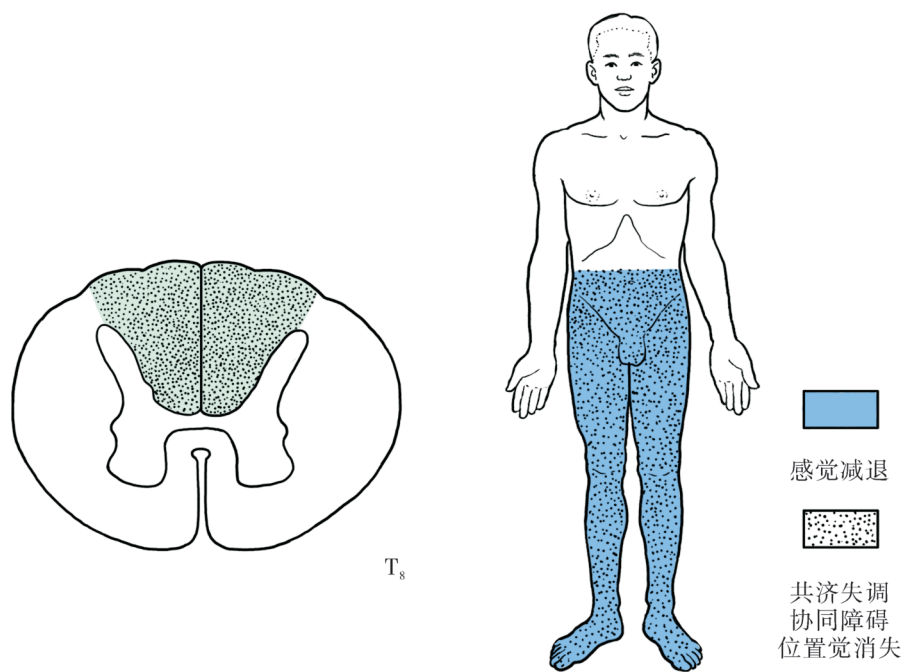


图 2-19 脊髓后索综合征



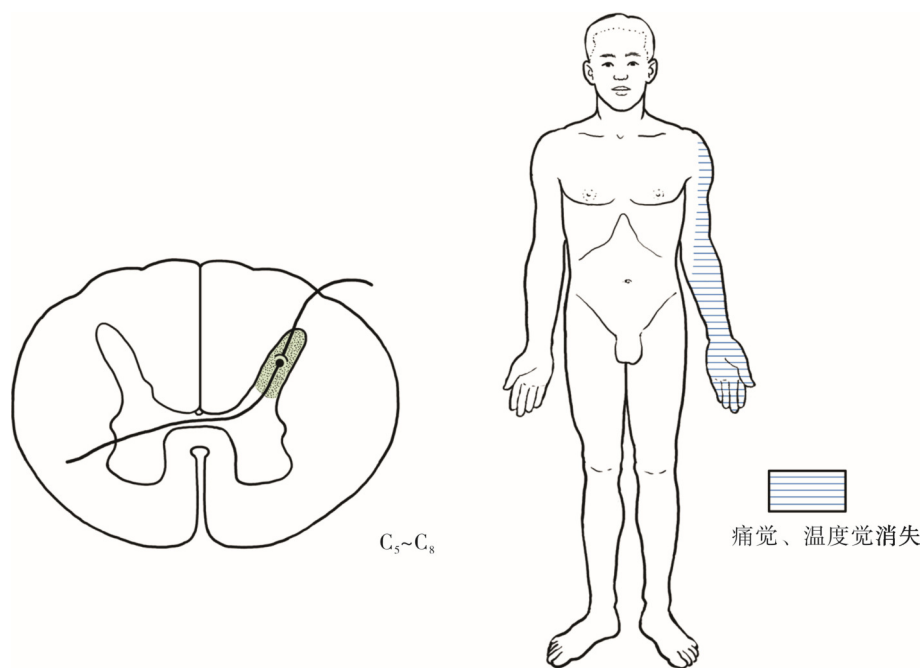


图 2-20 脊髓后角综合征

觉消失，而精细觉和本体觉仍保存。病变区痛觉和温觉消失而其他感觉完好，称分离性感觉障碍，可能在痛觉迟钝区还可出现自发性疼痛。损伤平面以下痛觉和温觉无障碍，因为在侧前索内传导痛觉和温觉的脊髓丘脑侧束未受损。

## 六、脊髓前角综合征

脊髓前角综合征（Anterior Cervical Cord Syndrome）是脊髓前角神经元受损导致的一类综合征（图 2-21）。脊髓前角神经元是急性脊髓灰质炎和脊髓性肌萎缩的特异性好发部位，特别是在脊髓颈段和腰段膨大区。

脊髓前角综合征主要是因脊柱过度屈曲损伤脊髓前部 2/3 所致，常见原因是椎体前部血管受累，而后部两支血管未受影响，因此，脊髓后部完好无损。脊髓前角综合征典型的临床表现为损伤平面以下轻触觉和本体感觉保留，而运动、疼痛和温度觉缺失。

脊髓灰质炎（病毒感染）会导致脊髓前角细胞急性死亡，特别是腰段。结果是相应节段支配的肌肉迟缓性瘫痪，近侧肌肉较远侧肌肉

受累更加严重，肌肉萎缩，严重时完全被结缔组织和脂肪替代。由于前角细胞呈柱状排列，且在脊髓内延伸较长范围，故单个肢体所有肌肉受累的情况罕见。

## 七、脊髓圆锥综合征

脊髓圆锥综合征（Conus Medullaris Syndrome）系指脊髓圆锥损伤和椎管内腰骶神经根损伤后的一系列临床表现。圆锥综合征的发病原因以脊髓肿瘤、腰椎间盘突出、脊髓血管病变和脊柱外伤为主。脊髓圆锥下极位于  $T_{12} \sim L_1$  椎体，其中大多数在  $L_1$  椎体平面，其周围有马尾神经将其包围，其位置关系如图 2-22 所示。此解剖学特征决定了圆锥损伤多合并马尾神经损伤。但由于马尾神经与圆锥脊髓神经的组织性质不同，前者属于周围神经，对外力的缓冲力强；后者属于中枢神经，对外力的缓冲力差，故在遭受同样负荷的创伤时，可仅出现脊髓圆锥的损害。但临床常见的暴力性外伤性脊髓圆锥损伤多合并马尾神经损伤。脊髓圆锥（ $S_3 \sim S_5$ ）部有膀胱中枢（ $S_2 \sim S_4$ ）、肛门直



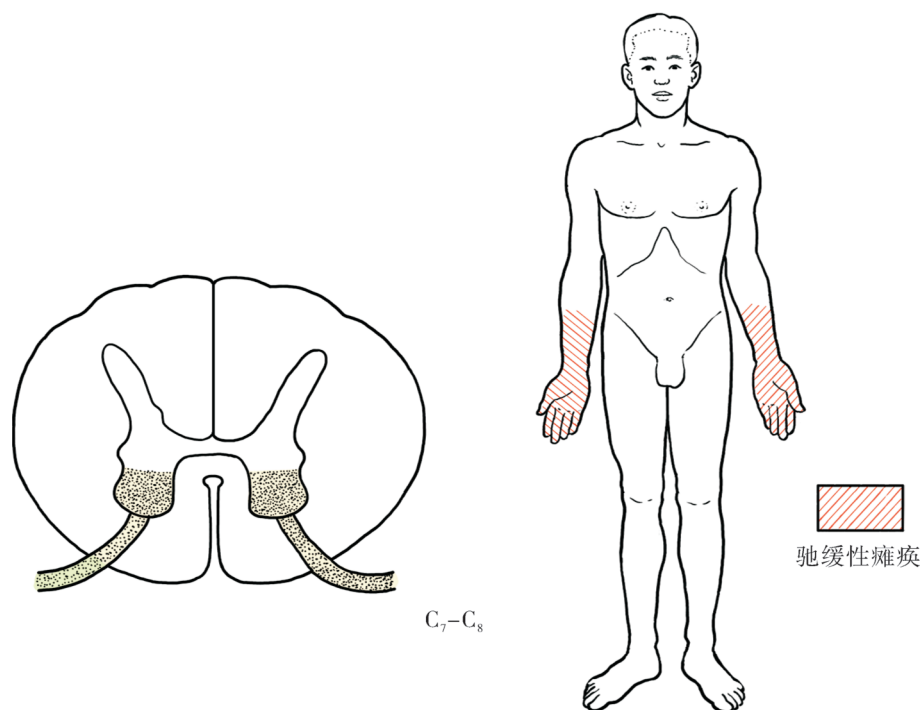


图 2-21 脊髓前角综合征

肠中枢（ $S_3$ ），故单纯脊髓圆锥损伤的临床特点为膀胱、直肠和性功能障碍，以及会阴部感觉障碍。因为该节段的运动中枢相对较少，故下肢运动功能受累较少，可累及大腿后部和臀部肌肉。单纯脊髓圆锥损伤的临床表现如下：

1. 逼尿肌反射消失，伴有残余尿潴留或尿失禁（持续性漏尿）。

2. 直肠失禁。

3. 性功能障碍。

4. 鞍区（ $S_4$ 、 $S_5$ ）感觉障碍。

5. 球-肛门反射消失。

6. 下肢可无瘫痪，且跟腱反射保留（ $L_5 \sim S_2$ ）。

如果圆锥综合征由肿瘤或外伤引起，则在圆锥旁向下走行的腰和骶神经根可能会受累。临床表现除了有圆锥综合征外，还伴有马尾神经受累的症状：下肢轻瘫和超出鞍区范围的更广泛的感觉障碍。

## 八、脊髓上圆锥综合征

脊髓上圆锥是指脊髓  $L_4 \sim S_2$  节段（图 2-22），该部位损伤相对极为少见。脊髓上圆

锥综合征（Conus Supraspinal Syndrome）的临床表现部分与脊髓圆锥综合征相反，下肢表现

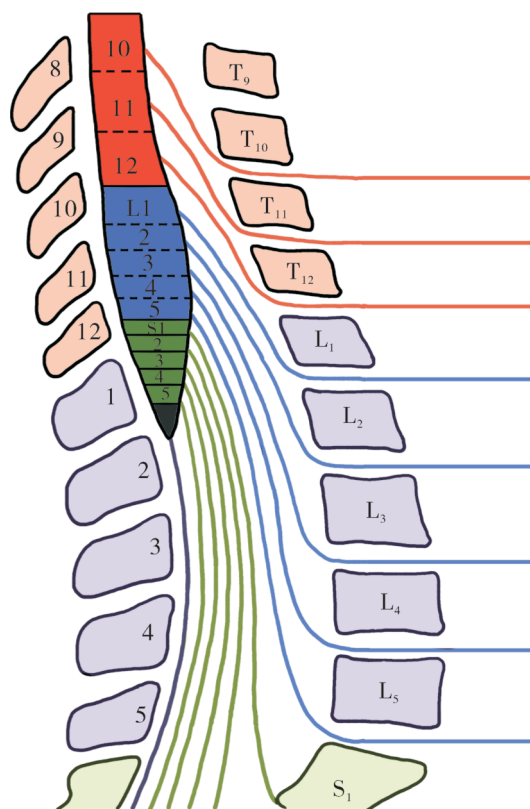


图 2-22 脊髓上圆锥、圆锥、马尾及其与椎体之间的位置关系

为迟缓性轻瘫。髋关节的外旋（L<sub>4</sub>~S<sub>1</sub>）和踝背伸（L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>）功能减弱或消失，膝关节屈曲（L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>）以及足趾关节屈曲和伸展（L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>）功能也减弱或消失，跟腱反射消失，但膝反射保留；L<sub>4</sub>~S<sub>5</sub>皮节区感觉障碍，膀胱和直肠只能反射性排空，常常出现阴茎异常勃起，性功能丧失；受累区域还可有一过性血管舒缩麻痹和汗腺分泌丧失。

九、马尾综合征

马尾综合征（Syndrome of Cauda Eguina）

是椎管下部脊髓圆锥旁或圆锥以下密集平行下行的腰骶神经根（图 2-22，图 2-23）受损导致的一系列临床症状。马尾综合征大多由于肿瘤、腰椎间盘突出、外伤等引起。慢性马尾综

合征典型的临床表现是最初在坐骨神经分布区出现根性痛和严重的膀胱痛，咳嗽和喷嚏时加重，随后出现 L<sub>4</sub> 以下不同程度的根型分布的感觉障碍，所有感觉均受累。如果病变累及马尾上部，则在小腿和鞍区出现感觉障碍，可进一步出现下肢的迟缓性瘫痪伴反射消失，此外还可出现膀胱和直肠失禁以及性功能障碍。如果病变位置更向下（S<sub>3</sub>~S<sub>5</sub>），则感觉障碍只限于马鞍区，不出现下肢轻瘫，但有排尿、大便和性功能障碍。与圆锥综合征症状相反，马尾肿瘤引起的症状进展缓慢而无规律，因为神经根受累的速度不同，有些神经根在较长时间内完全不受损害。

马尾综合征的典型临床表现如下：

- 1. 鞍区感觉障碍，部分患者出现鞍区和下

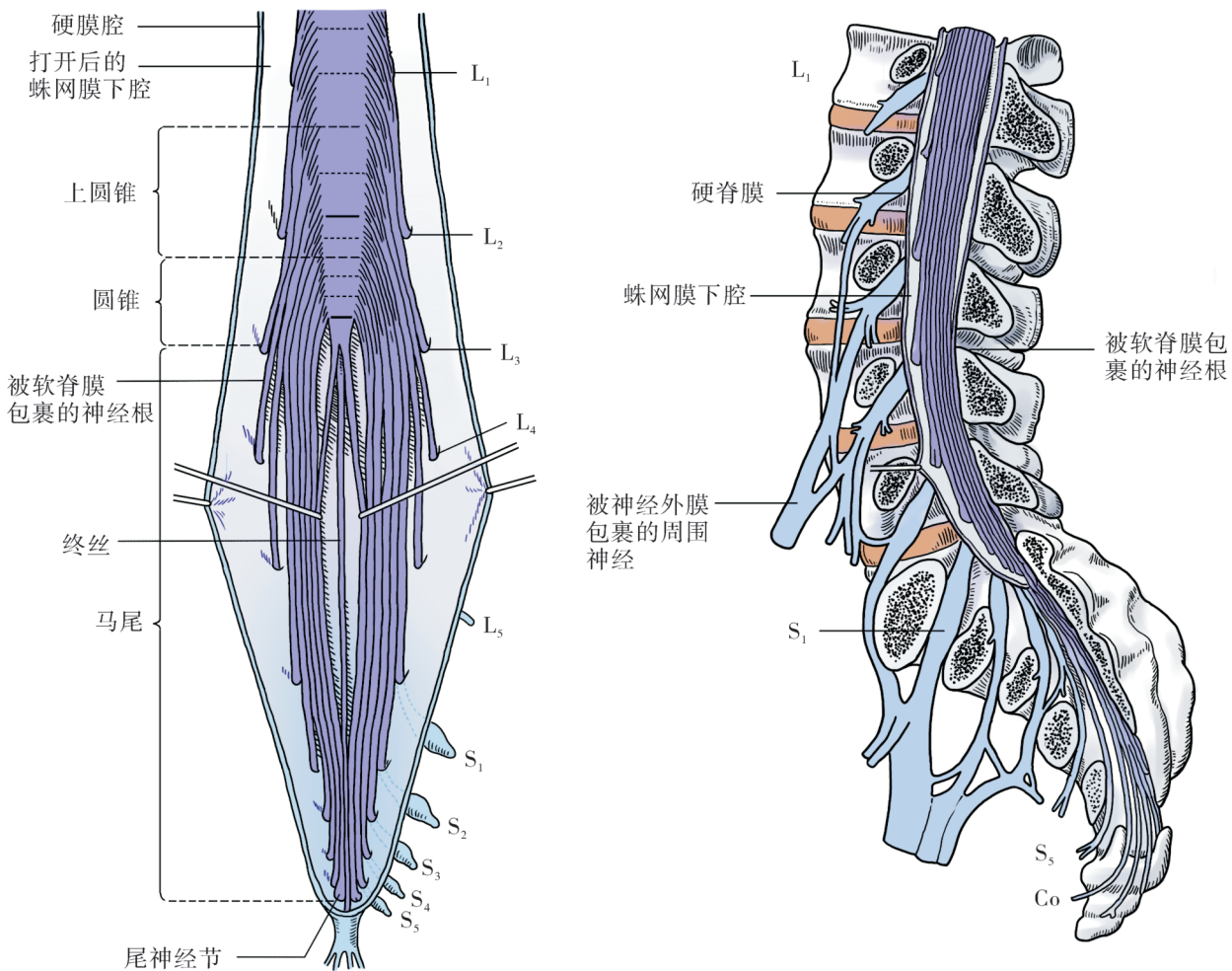


图 2-23 马尾神经在下降过程中逐级穿出椎管的局部解剖

肢异常疼痛。

2. 直肠失禁。
3. 小便失禁。
4. 球 - 肛门反射消失或减弱。
5. 勃起功能障碍 ( $S_2 \sim S_4$ )。
6. 下肢迟缓性瘫痪 ( $L_4 \sim S_2$ ) 和反射消失。

## 第五节 脊髓损伤的预后

### 一、上运动神经元损伤和下运动神经元损伤

脊髓圆锥以上的损伤通常为上运动神经元损伤，损伤平面以下脊髓水平的反射保存。损伤平面以下痉挛性瘫痪，除非该损伤合并有广泛性的缺血损伤，下运动神经元脊髓前角细胞在很多节段受伤，甚至向下沿着整个脊髓都有损伤。同样，下运动神经元的脊髓前角细胞在脊柱骨折或受伤部位的损伤非常常见。在后一种情况中，即使脊髓损伤主要累及上运动神经元，脊柱损伤造成的下运动神经元损伤也可同时存在。例如， $C_6$  脊髓损伤患者在损伤平面以下所有神经节段均为上运动神经元损伤，但在  $C_7/C_8$  节段可能出现下运动神经元损伤的表现，即可能出现 1~2 个节段的迟缓性瘫痪。这种情况多见于外力引起的脊柱骨折致临近神经根损伤。

马尾神经为下运动神经元，下运动神经元损伤的主要特征是脊髓水平的反射消失。下运动神经元损伤会导致迟缓性瘫痪。脊髓圆锥的损伤往往不是单纯性的，故既可包括上运动神经元，也可包括下运动神经元，且在任何节段都可能出现兼有两种类型的损伤。

上运动神经元损伤会出现痉挛性膀胱、直肠和性功能障碍。但由于电刺激治疗需要有完整的下运动神经元反射环路，对上运动神经元

损伤进行治疗性电刺激可能会有作用，所以对下运动神经元损伤如马尾神经受累患者的腿部肌肉进行电刺激则难以获得预期效果。

### 二、脊髓损伤的预后

神经损伤后，功能恢复会在伤后 2 个月稳定，但伤后 1 年以上仍然继续恢复的情况也偶有发生。完全性脊髓损伤患者神经功能恢复的可能性比较小，有研究显示仅有 6% 早期被诊断为完全性损伤的患者在 1 年后出现不完全性损伤的运动特征。但临床发现有完全性损伤患者在伤后数月内出现一个节段的神经功能恢复。如早期诊断为  $C_5$  水平完全性脊髓损伤的患者，3 个月后可可能下降到  $C_6$  水平。不完全性脊髓损伤患者的运动功能恢复更加常见，约 50% 早期诊断为 AIS B 级或 C 级的患者在前几个月内会恢复一个级别至 C 级或 D 级，但从 D 级完全恢复 (E 级) 的情况则不多见。

在损伤当时很难预测患者将来的步行能力，但对完全性损伤 (AIS A 级) 患者最终是否需要借助辅助器具进行步行，及其步行能力如何都可以做到较为准确的判断。30%~45% 的 AIS B 级患者可以实现短距离步行，大部分的 C 级和 D 级损伤患者能够实现社区步行。脊髓半切综合征和中央索综合征患者将来的步行能力预后一般较好，但老年患者较差。

## 第六节 脊髓损伤的相关问题

### 一、椎体破坏和脊柱不稳

外伤性脊柱损伤可能合并椎体的结构性破坏而出现脊柱不稳 (Spinal instability)。脊柱损伤急诊处理的原则是保护脊髓，尽可能地减轻对脊髓的破坏程度，处理合并伤，在保证生命的同时保护好神经功能。如果没有椎体失稳或破坏，患者需要制动数日后开始运动；但若



有脊椎不稳，处理方式则有很大差异。

脊柱不稳需紧急处理，最好在 1~2d 内完成。首先需限制脊柱活动 6~12 周。有时需用晕环式头胸矫形器等保守方法给患者提供非常稳定的脊柱固定。更加常见的方法是患者卧床 6~12 周，卧床期间需行骨牵引对脊柱进行制动（主要针对颈髓损伤），用楔形枕或楔形垫对胸、腰、骶髓损伤患者进行制动和固定。对可能导致受伤部位移动的治疗应有一定限制，患者转移和翻身需要严格的医学监督和辅助。对被动活动和牵伸技术等治疗内容的限制依据治疗原则有所不同。有些颈髓损伤早期会限制肩关节的活动，而有些则早期就会鼓励患者活动。脊柱骨折愈合良好或认为脊柱稳定性较好，患者即可进行轮椅活动，但需佩戴脊柱矫形器数月。最为常用的脊柱椎体损伤修复和脊柱固定方法是外科手术，行椎体减压和恢复脊柱序列固定。可选的手术方式很多，外科手术固定可允许患者更早地参与运动，甚至有 1 周内即恢复活动的手术案例。活动时一般都需要佩戴矫形支具；但也有例外，主要依据患者损伤程度和外科医生对手术本身的把握而定。患者越早开始进行康复治疗，越有利于减少因制动而导致的继发性问题。但手术带来的最大问题在于麻醉剂会导致呼吸问题，增加术后呼吸系统感染和呼吸功能减退的风险。

## 二、截瘫性肠梗阻

脊髓休克会引起麻痹性肠梗阻。和脊髓休克一样，肠梗阻在伤后即可出现，持续数日至数周。肠梗阻的主要问题是食物无法被消化，如果不及时处理，会导致患者出现腹胀、呕吐等症状。腹胀会使患者呼吸困难加重，呕吐有致吸入性肺炎的风险。正确的处理方法是清除口腔异物，插入胃管定时洗出胃内容物，采用静脉营养和液体供应。

## 三、深静脉血栓和肺栓塞

伤后 2 周内是深静脉血栓（Deep Venous Thrombosis, DVT）高发期，深静脉血栓栓子脱落是这一时期患者发生猝死的主要原因之一。深静脉血栓主要是因瘫痪肢体主动活动减少而引起静脉血流淤滞所致。血流淤滞还会因卧床、血管运动和自主神经系统功能紊乱而加重。深静脉血栓好发于小腿腓肠肌部位，但大腿和腹股沟部的深静脉血栓更加危险。深静脉血栓的临床症状有全身低热，局部肿胀、发热和颜色变化，感觉功能良好的患者会出现局部疼痛。可用超声诊断、磁共振成像术、静脉造影术、计算机体层摄影、阻抗体积描记法、连续波多普勒诊断等检查技术进行确诊。

深静脉血栓栓子脱落会导致肺栓塞（Pulmonary Embolism），这可能直接威胁到患者的生命。肺栓塞的典型症状有以下几种：意识丧失、呼吸短促、组织缺氧、冷汗、咯血、心动过速、烦躁、胸痛等。在少数情况下，肺栓塞的第一征象是呼吸暂停或心脏病发作。深静脉栓子脱落常于患者进行常规治疗或肢体被动活动时出现。因此，患者一旦被怀疑或确诊患有深静脉血栓，主动活动应限制到最小程度，被动活动尽量避免。在脊髓损伤急性期，一般都会通过常规应用抗凝剂、穿压力袜、定期筛查和尽可能多地进行主动活动来预防患者深静脉血栓形成。体外空气压力装置和电刺激也会有一定的预防作用。被动活动可以作为预防深静脉血栓形成的有效手段的说法虽然很能获得大家的认同，但其效果至今尚存争议。深静脉血栓和肺栓塞均用溶栓剂或低分子肝素治疗。

## 四、痉挛

高达 80% 的脊髓损伤（不包括马尾神经）患者都会出现痉挛，但若合并有神经根损伤，则以其为主支配的区域一般无痉挛出现。相对

完全性脊髓损伤，不完全性脊髓损伤患者的痉挛较为麻烦，且在损伤1年内进入平稳期之前有逐渐加重的趋势。痉挛的加重可能和神经芽生或感觉神经感受器的变化有关，痉挛多因牵拉、触摸等刺激而产生。但痉挛在短期内突然加重可能意味着一些疾病、损伤出现或膀胱直肠过度充盈。很多检查方法可用来对痉挛进行量化评估，常用的两种评估方法是Tardieu量表和改良Ashworth量表，但和其他痉挛测试方法一样都存在广泛争议。

痉挛的神经生理学机制较为复杂，表现各异，但有两点重要的特征是张力异常和在被动牵伸时出现速度相关性的张力增高（牵伸速度越快，张力表现越明显）。脊髓损伤会改变强直性或相位性牵张反射的兴奋性，这受到传入的 $\alpha$ 运动神经元兴奋和抑制信息平衡的调控，这些传入信息产生于大量的不完整神经环路。有很多理论可以解释这些神经环路如何被破坏、破坏到什么程度，以及哪些破坏最为重要。直到最近，痉挛才被认为源于难以被察觉的过度活跃的 $\gamma$ 运动神经元，使得梭内肌收缩，提高 $\alpha$ 运动神经元反射兴奋。然而， $\gamma$ 运动神经元动作电位的重要性仍存争议，现在认为痉挛最初和 $\alpha$ 运动神经元兴奋性直接增高有关，这可能也和 $\alpha$ 运动神经元敏感性增高有关。 $\alpha$ 运动神经元兴奋性增高也被认为和皮质脊髓束下行纤维衰减效应缺失有关。在更少的神经信息衰减情况下， $\alpha$ 运动神经元对感觉信息输入更加兴奋和敏感，相拮抗的一对肌群的 $\alpha$ 运动神经元也很容易兴奋，因为细胞内本来负责交互抑制的肌电活动消失[如闰绍细胞(Renshaw Cell)]。闰绍细胞是脊髓前角内的一种抑制性中间神经元，它接受前角运动神经元轴突侧支的支配，其活动经轴突回反作用于脊髓前角运动神经元，反馈地抑制原先发动兴奋的神经元和其他神经元。它释放的递质

可能是甘氨酸，其作用能被土的宁和破伤风毒素所破坏。目前知道，前角运动神经元支配骨骼肌的接头处递质为乙酰胆碱，则其轴突侧支与闰绍细胞发生突触联系，也必定释放乙酰胆碱作为递质。用电生理微电泳法将乙酰胆碱作用于闰绍细胞，确能引致其放电；用N型受体阻断剂后，乙酰胆碱的兴奋作用即被阻断，说明这一突触联系的乙酰胆碱作用与神经肌接头处一样都是N样作用。

痉挛初期可用药物处理，主要有两种药物可以选用。一类主要作用于中枢神经系统，如巴氯芬、地西泮（安定，Diazepam）、加巴喷定（Gabapentin）、可乐定（二乙苯胺咪吡啉，Clonidine）、替扎尼定（Tizanidine）等。一类主要作用于外周神经，靶点是肌肉或者神经肌肉结合点（突触位置），如丹曲林（Dantrolene）、肉毒毒素（Botulinum Toxin）、苯酚、无水酒精等。严重的痉挛可以直接行鞘内给药治疗。

痉挛引起的临床问题主要包括疼痛、挛缩、压疮、主被动运动和清洁卫生处理困难，可导致患者活动能力严重受限和生活质量严重下降。物理治疗如水疗、牵伸、热疗、经皮神经电刺激、冷疗、温热刺激、电刺激、治疗性训练技术、被动活动、站立和震动可暂时缓解痉挛，但还没有证据显示这些措施会有持续或长期疗效。而且，热疗或电疗可能会导致烫伤或电烧伤，故应用于感觉缺失部位时应特别小心谨慎。

## 五、自主神经反射异常

自主神经反射常见的异常问题主要是自主神经过反射。自主神经过反射是交感神经系统因为脊髓内某些传导束中断，各种神经调控无法作用，致使机体对伤害性刺激表现出过度反应。1860年希尔顿（Hilton）和1890年鲍尔比（Bowlby）曾对此现象做过初步的描述。1917年海德（Head）首次描述了这一综



合征。1947年盖特曼（Guttmann）通过对大量脊髓损伤伤员的观察，首次明确了阵发性高血压是自主神经反射不良的主要特征。自主神经反射或称自主神经反射不良（Autonomic Dysreflexia, AD），是指T<sub>6</sub>脊髓或以上平面的脊髓损伤所引起的以血压阵发性骤然升高为主要特征的一组临床综合征。T<sub>6</sub>以上脊髓损伤患者最易发生自主神经反射异常现象，并且异常现象在患者脊髓休克期之后终生任何时期都可能发生。

引起自主神经反射异常的典型刺激有尿潴留、膀胱或直肠过度充盈、骨折、压疮或内生指甲（趾甲）等，这些刺激都是在引起疼痛或不适后才诱发异常自主神经反射的。对那些容易诱发此种问题的患者，轻微牵伸腓绳肌即有可能引起该反应并使情况恶化。这些刺激因素会直接激活独立的自主神经神经元细胞，如果失去上位神经对自主神经反射的抑制，自主神经系统会产生夸大的难以察觉的反射，这将引起广泛的血管收缩反应，起初是心动过速，然后出现血压升高、头痛、出汗、脸红等。颈动脉或大动脉压力感受器会感受到升高的血压，这些信息会经第IX、X脑神经上传至大脑，自身调节机制通过提高第X对脑神经（副交感神经）兴奋性而升高血压，但心率变化随着自主神经系统兴奋性提高和副交感神经兴奋性降低的平衡状态而自主调节。然而患者总是出现脸部和颈部发红、损伤平面以下苍白的现象，还有恶心、焦虑、视物模糊和头痛等问题。以上反应出现迅速（几分钟内就可能出现），且持续时间长短不等，严重者可能存在数日。

损伤平面以下的脊髓仍然具有活性是发生自主神经反射不良的先决条件。正常情况下，所有的内脏血管反射均在脊髓水平（T<sub>6</sub>~T<sub>10</sub>）进行整合，维持血压的相对稳定。脊髓损伤后，其损伤平面以下的刺激经腹下神经（交感）和盆神经

（副交感），从脊髓背外侧向上传入；但在脊髓损伤处被阻断，兴奋中间神经元，继之与交感神经节前神经元发生突触，引起交感神经传出纤维的反射性兴奋，激发损伤平面以下的内脏和肢体血管收缩，导致血压上升。因此，脊髓损伤的平面将直接影响交感兴奋的范围和程度。难以察觉的内脏血管的收缩主要由伤害性刺激引起，会导致血压显著升高，但最重要的是突然升高的颅内血压会进一步加重自主神经异常反射，形成恶性循环。如果血压高到难以控制的程度，可能会出现脑血管意外甚至死亡。

出现自主神经反射异常的患者需要尽快评估。首先测量患者血压，谨记脊髓损伤患者的收缩压应保持在90~110mmHg，收缩压快速增高20mmHg即预示自主神经反射。自主神经反射的临床表现均与交感神经兴奋、肾上腺素类递质大量释放有关，包括血压升高、脉搏先快后变慢、剧烈头痛、颜面潮红、鼻黏膜充血堵塞、损伤平面以上出汗、寒战、发冷、焦虑不安、恶心、有尿意，亦可有短暂的视物不清、口腔金属味、头昏、头晕、惊厥以及脑出血等。诊断自主神经反射最客观的指标是血压升高，但血压到底上升多少才是自主神经反射发作，仍有争论。建议诊断标准如下：①收缩压上升超过原来正常值的20%；②至少伴有下列5项中的1项：出汗、寒战、头痛、面部充血、发冷。

脊髓损伤患者的平时血压较低，自主神经反射引起的血压骤然剧升，有可能引起脑出血、蛛网膜下腔出血、视网膜出血、癫痫发作、心脏衰竭，甚至死亡等严重并发症。自主神经反射是高风险的神经反射，除应快速判断病情外，治疗也必须迅速有效。

## 六、直位性低血压

直位性低血压（Postural Hypotension）多发生在T<sub>6</sub>以上脊髓损伤患者身上，主要是由

于失去上位神经对自主神经系统的控制而导致血压调节能力下降,再加上下肢瘫痪、“肌肉泵”作用消失或降低而出现静脉回流障碍,导致低血压更加恶化。

直立性低血压好发于患者体位改变如从卧位到坐位的转换过程中。腿部活动和自主活动减少血流向下灌注入腿或腹腔,而致血压下降,这会使患者出现眩晕或意识丧失。紧急处理方法是马上放平患者,抬高其下肢或后倾轮椅。压力袜和腹带有助于维持血压,但证据尚存争议。

直立性低血压在患者受伤后首次恢复活动时最常发生,尤其是长期卧床后。因此,应逐渐恢复患者的活动。起初患者仅能床上坐位;然后可以在下肢抬高的情况下靠坐在高靠背轮椅上;适应一段时间后,患者才能实现快速从卧到坐的体位转换。这可能和患者已经很好地适应因低血压导致的轻度头痛、头晕有关。血压也可能会因儿茶酚胺或激素的释放增多,以及机体对激素敏感性增加而较好地保持。

## 七、膀胱、直肠和性功能障碍

脊髓损伤常会引起膀胱、直肠和**性功能障碍 (Sexual Dysfunction)**。相关研究表明在伤后 1 年的时间内 81% 的脊髓损伤患者有**膀胱功能障碍 (Bladder Dysfunction)**, 63% 会出现直肠功能障碍。这三种身体功能的控制非常复杂,都有赖于机体交感和副交感神经协调活动,而相关肌肉活动都是由  $S_2 \sim S_4$  神经根控制。脊髓圆锥以下损伤会引起膀胱、直肠和性功能相关肌肉的迟缓性瘫痪,骶部副交感神经反射消失。相反,脊髓圆锥以上水平损伤会因骶部反射存在而引起痉挛性膀胱、痉挛性直肠和性功能肌肉痉挛,这些现象对患者某些功能的实现有重要意义。

### 1. 膀胱管理

膀胱排空有多种方式。大部

分患者需采用间歇性导尿,这要求患者(或护理人员)每隔 3~6 小时就要将导尿管插入患者膀胱,然后再拔除。间歇性导尿因其造成的尿路感染率低而成为最容易接受的技术,这可以免去患者使用集尿袋收集小便的麻烦。男性患者使用外部集尿器还需禁欲,如将套式集尿器一头套在阴茎上,一头连接于腿袋。而女性患者没有类似的装置可以使用,常采用卫生尿垫。不方便使用间歇导尿的患者可选用留置导尿管。留置导尿管开始时经尿道插入,但最终都采取耻骨上腹部造瘘的方式。一些患者可以依靠反射排空膀胱,通过叩击膀胱区或用手法刺激会阴区排空膀胱,但应保证膀胱区压迫不会引起尿液向肾脏回流。最近国际脊髓学会已经不再推荐使用类似技术,主要是因为这些方法都可能会导致膀胱内尿液的逆流而伤及肾脏。

脊髓损伤患者出现膀胱结石、肾结石和尿路感染的概率会随着病程的延长而不断增高,这都可能会导致肾衰竭。这些问题可以通过饮水计划、药物、定期肾功能和膀胱功能检查来防治。小便失禁对部分患者来说可能会长期存在。

**2. 直肠管理** 对脊髓损伤患者来说,大便处理非常重要,但也是非常耗时的事情。下运动神经元损伤患者反射弧破坏,脊髓反射消失,肛门括约肌松弛,大便容易失禁;而上运动神经元损伤患者,反射弧完整,脊髓反射存在,情况一般会好一些,但也会因括约肌张力高而出现排便困难的现象。

大便问题的处理有很多方式,关键的策略包括高纤维饮食、充分的水摄入和规律排便。此外,还包括口服药和肛塞药、电子数字刺激排便或手法排便。在脊髓损伤后训练主动排便的开始阶段,患者通常很难主动完成,且大便失禁和便秘是常见问题,但可以通过不断地训练和上面的策略来解决。

### 3. 性功能

说到脊髓损伤和性功能问题,

我们往往会想到性器官，很显然，脊髓损伤会影响性交和男女双方的性快感（性反应）。

上运动神经元损伤患者保留反射性性反应，但无心因性性反应；而下运动神经元损伤患者无反射性性反应，但可能存在心因性性反应。两种情况都会保留非生殖器的性唤起能力。

脊髓损伤患者可能会因勃起功能障碍和精子质量下降而影响授精。如果需要进行人工受孕，可以使用震动技术或电子勃起技术采集精液。另外一些更先进的技术还在不断地出现，以帮助患者实现生育问题。脊髓损伤对女性患者排卵和月经的影响不大，但会增加其怀孕风险。患者在损伤后月经会停止 1~3 个月。对男性患者的研究发现，其生殖器感觉、勃起功能和性交能力受限，性生活满意度较低，性生活频率也下降，这主要取决于性伴侣对性关系的满意度、亲密程度和性经验等。

脊髓损伤导致的问题不仅会影响患者的性交过程，还会影响患者的性吸引力，即会影响男女性魅力。这类问题非常复杂，解决办法主要是重塑患者对性和性感概念早前的认识。

大部分的康复团队成员包括心理治疗师、社会工作者、护士和性学专业医疗人员，他们可以为患者提供性咨询。出院后不断的性教育和支持工作也非常重要。物理治疗师需要掌握一些常识性的知识，以便在治疗过程中为患者提供一些支持和有用的信息。

## 八、骨质疏松

骨质疏松（Osteoporosis）是脊髓损伤后期常见的并发症，可能会导致骨折。长期脊髓损伤患者会出现 25%~50% 骨矿物质的减少，且大部分骨矿物质的丢失都是在伤后 1 年内出现的。过去一直认为骨矿物质的丢失主要是因为长期缺乏负重和骨轴向负荷。但现在认为骨矿物质的丢失有多重原因，如因脊髓损伤所致

的代谢、激素、神经和血管变化等问题。

骨矿物质丢失主要的治疗手段是药物治疗。虽然大家都提倡早期站立和电刺激治疗，但这两种方法的有效性暂时还未明确证实。

## 九、异位骨化

异位骨化（Heterotopic Ossification）又称骨化性肌炎，指在骨骼系统以外的部位有骨组织形成。异位骨化通常发生在脊髓损伤平面以下部位，常见于髋关节、膝关节、肘关节和肩关节部位。异位骨化在脊髓损伤患者中的发病率较高，西方国家的统计结果显示有高达 50% 的成年脊髓损伤患者会发生，发病时间在伤后数月至数年不等。异位骨化多发生在关节部位，这会影响关节功能，严重的会较大程度地限制关节主被动活动范围。

异位骨化前期征象主要有肿胀、关节活动范围减小、伴或不伴体温升高、痉挛和疼痛，其体征和骨折或深静脉血栓相似。要明确诊断需要行超声检查、CT 扫描或骨扫描；血生化检查也能提供一些参考，如二聚体指标。

异位骨化原因不明，但动物实验发现异位骨化会在激进过度的被动活动后发生。虽然物理治疗和异位骨化的因果关系尚不明确，但根据此实验结果，我们有理由认为过度激进的物理治疗和异位骨化的发生有一定程度的关系。由于疑虑尚存，为谨慎起见，激进的手法治疗应该尽量避免。虽然有力度较小的证据表明轻柔的被动活动可以改善或保持关节活动范围，但尚不能确定在急性炎症阶段牵伸和被动活动是否应该停止。

异位骨化通过药物治疗可以取得一定的效果。偶有采用手术方法切除骨化组织，但这并非没有风险，且可能会使情况变得更加糟糕。因此手术只在异位骨化成熟稳定后（1~2 年）才被考虑，如果严重影响到关节功能和生活质



量，或者骨化组织压迫有功能的神经时才实施手术切除。

## 十、压疮

压疮（Pressure Sore/Ulcer）是脊髓损伤后最常见且最麻烦的并发症。压疮会发生在损伤后的任何时间段，严重的压疮还会对患者的生命和康复造成严重的负面影响，至少会大大降低患者的生存质量。长期来看，压疮会对患者回归工作产生影响，影响患者生活质量，还会加重痉挛和疼痛，易发生自主神经功能紊乱和肢体挛缩等。严重的情况下，压疮会形成较大的感染创口，或引起骨髓炎、败血症等致命的并发症。在经济不发达的贫困地区，由于医疗资源匮乏和医疗水平较低，压疮和呼吸问题、泌尿系统感染等一直是脊髓损伤患者生命的最大威胁。

## 第七节 心理健康

脊髓损伤对患者和家庭成员心理影响较大。很多患者在刚受伤后会因为对医学常识的认识不足而表现很平静，但在认识到严重的后果后会表现出气愤、伤心（忧虑）、失望、否认、情绪低落和淡漠，随着病程的进展和长期的磨难后才会有较为平静的反应。导致患者出现以上心理反应的因素有：处理技巧不足、伤前的人格特征、家庭支持力度、滥用药物、永久性瘫痪和家庭境况等。相关研究结果表明，在伤后2年内约有38%的患者会出现抑郁问题。但大部分的研究都认为这一比例在15%~23%。长期抑郁和社会生活参与度不高有很大关系。脊髓损伤患者自杀率较常人高很多，但这些案例往往会影响和掩盖那些快乐生活的患者，因为早期有乐观的护理人员和医院内同类患者共同生活的气氛，脊髓损伤患者远

期生活的满意度往往会被低估。

心理问题如悲伤、抑郁等都会极大地影响患者在康复治疗中的配合程度，尤其是情绪低落会导致失眠、厌食和营养不良。情绪低落还会引起主动性差、自我忽略、凡事缺乏动力和动机、不能坚持、缺乏恒心等，因此有情绪低落症状的患者比没有情绪低落症状的患者更难取得康复训练的成果和疗效。但是，情绪低落并非总是与缺乏恒心和毅力有关，也可能是患者不切实际的想法和目标引起的，例如患者会异常努力地进行康复锻炼，争取达到“理想”的疗效——即不惜一切代价要达到像正常人一样行走的目标。但应注意的是，患者在无法认识到自己所受创伤严重程度的情况下或会因为付出很多的努力却还是无法达到这一目标而变得异常悲观，甚至完全放弃努力。这些问题最好由临床康复治疗师带领的合作团队予以解决。

家庭成员尤其是配偶，一般是能够给患者心理提供有力支持的重要人员，患者的婚姻状况对其远期心理调节和生活质量至关重要。家庭成员常会提供一定的护理工作和服务，这同样会引起他们心理和情绪的低落、疲惫、怨恨和抑郁等不良情绪。

在损伤早期，物理治疗师应尽可能地引导患者家属或朋友参与制订各种康复方案。他们一般都会以切实可行的方式帮助患者进行各种康复锻炼和功能训练，但这不代表会给患者带来很好的心理影响。损伤早期，患者对家人的依赖程度主要是基于情感的需要，患者接受家人的帮助后会感受到家人的爱，这在一定程度上会缓解抑郁等问题。但在后期，如果患者一直需要家人帮助，这会加重他们对家庭成员的负罪感，认为自己是家庭的负担，心理上会出现抑郁或厌世情绪，主要表现为对康复训练的积极性下降，甚至会拿家人泄愤。这需要密切关注，并给予适当的心理治疗。但更为合理的做

法是让患者认识到康复的进程有多长，并在这段时间尽快地提高患者的主动运动能力。

## 第八节 脊髓损伤和颅脑外伤

据估计，高达 40%~50% 的脊髓损伤患者合并有脑外伤，尤其是外伤性脊髓损伤人群中合并脑损伤的比例会更高，为 80% 以上。幸运的是，脊髓损伤合并的脑外伤一般较轻微，多不会有认知功能缺损，如认知能力下降、解决问题的能力低下、注意力和记忆力减退等问题。合并脑损伤的脊髓损伤患者的独立生存能力一般比单纯的脊髓损伤患者要低很多。物理治疗师需为合并有脑外伤的脊髓损伤患者提供良好的治疗方案和教育策略，尤其是有明显症状的患者。但对较轻的脑外伤患者，如果肢体功能和认知等功能受累不明显，临床治疗时可能会忽略掉这一问题。

## 第九节 脊髓损伤老龄化问题

50 年前，英美国家的脊髓损伤患者的生存时间比较低，80% 的患者生存时间仅为 3 年左右。但现在的数据显示这些国家截瘫患者的预期寿命与健康人群的寿命基本接近，四肢瘫患者的预期寿命稍低一些，低 10% 左右。我国康复医学发展时间短，但发展速度比较快，特别是近些年，虽然没有大量数据统计过，但从日常工作中获得的反馈信息粗略估计，患者伤后的生活年限和生活质量都比较好。多年前损伤的患者目前年龄趋于老年，近年来也有很多老年人，尤其是城市家庭的老年人因为生活照顾缺失问题出现跌倒致截瘫等，这些都是老年脊髓损伤患者越来越多的原因。所以，我们即将面临脊髓损伤患者老龄化的问题。

随着年龄增长，脊髓损伤患者会出现不同程度的功能下降，尤其是脊髓损伤数年至老年

的患者，这些不良影响还可能会危及患者健康并加重其残障状态。因此应该密切关注这些问题的的发展，并及时做出适当的调整或采取预防和治理策略。

**1. 心肺系统** 老年人因各方面的身体功能下降而运动能力受限，运动能力不足或下降会影响患者的心肺功能的维持。而且，很多患者原发性的呼吸系统或心脏方面的问题也会增加患者通过体能训练来提高心肺功能的难度和危险性，这使得患者不得不更多地依赖他人。

**2. 运动系统** 肌力和耐力不足、易疲劳、骨关节炎或关节劳损等方面的疾患会给患者的各种运动带来困扰，床椅转移、步行、驱动轮椅等生活活动都更加难以完成。

**3. 疼痛** 疼痛是最为突出的问题，严重时除了影响患者的独立生活能力，还会引起患者心理方面的问题，如焦虑、抑郁或烦躁等情绪障碍，同时也会加剧患者和家庭的负担。

**4. 皮肤护理** 因为患者主动活动和自我护理能力的下降、膀胱括约肌失调、皮肤敏感性下降等因素，患者的皮肤护理问题会变得异常重要。很多患者体重减轻，这会导致骨突部位的皮肤遭受更大的压力，压疮会变得更常见，必须予以重视。

**5. 泌尿系统** 长期脊髓损伤的老年患者出现泌尿系结石的概率较大。尿路结石和膀胱结石较为常见，建议患者定期检查。

**6. 骨质疏松** 骨质疏松是正常老年人群很常见的问题，这和内分泌功能的生理性变化及运动减少有关。脊髓损伤患者因长期下肢运动缺失，会导致这一问题加剧或出现得更早。因此患者需及时做好运动准备，多站多动。另外，肌力训练也有很好的预防作用。但在老年脊髓损伤患者中，这些预防措施实施起来更加困难。我们要教育患者、家属和护理人员在搬运、转移患者的时候一定要做好安全防护工作，以免



出现磕碰、跌倒而导致骨折。

老年脊髓损伤患者体能下降明显，运动能力衰退，对他人的依赖程度会越来越高，需要社会提供的帮助增多。很多患者除了需要使用各种辅助器具、购置电动轮椅和其他电动护理设备外，还需要对家庭环境或工作环境进行适当的改造。

对慢性老年脊髓损伤患者来说，健康状况更容易出现问题，皮肤问题（如压疮）、活动能力下降、营养不良、长期膀胱功能低下所致

的慢性肾衰竭和心血管疾病都很常见。而最大的问题就是患者因为身体各方面的功能下降和心理上对别人的帮助和照顾产生更大的依赖，进而会因为自身活动能力及活动量的下降而引起各种继发性问题。总之，针对老年脊髓损伤患者的医疗服务体系面临很大的挑战，需要付出更多的努力才能满足这一人群日益增长的躯体、心理和社会需求。

（刘元标）

# 第三章

## 脊髓损伤物理治疗的管理体系

脊髓损伤患者的总体康复治疗目标就是最大可能地提高其生活质量，也就是提高他们参与日常生活的能力。患者参与活动受限即活动能力障碍时需要物理治疗师为其提供相关的医疗服务或帮助，这些障碍直接或间接和躯体感觉和运动功能障碍有关。脊髓损伤患者参与日常生活活动的障碍主要表现在步行功能、轮椅操控、床上活动、转移活动、生活自理（如厕、穿衣和修饰等）、家务劳动、社会交往、职业活动等。在脊髓损伤急性阶段，患者大多需绝对卧床，物理治疗的重点是对呼吸功能衰退、疼痛、关节活动范围下降和肌萎缩等问题进行防治。而在脊髓损伤亚急性期或慢性期，物理治疗的重点就变成了针对患者即将接触的各种生活、工作和社会活动中的必要活动的技巧、方法和策略等进行干预，并针对其他相关问题和患者沟通解决，争取实现患者的功能独立。

临床工作中，可在 ICF（*International Classification of Functioning, Disability and Health*《国际功能、残疾和健康分类》）体系的基本框架下对给脊髓损伤患者所进行的物理治疗予以明确的定义，确定物理治疗的作用和目的，以做到有的放矢。ICF 由世界卫生组织（World Health Organization, WHO）在 2001 年提出，是在国际残损、残疾和残障分类（*International Classification of Impairment, Disability and Handicap, ICIDH*）的基础上发展而来。ICF 从身体结构、个体和社会等不同

角度定义了健康的要素（图 3-1），该分类体系的主要目的是建立一种统一的、标准化的术语系统，以对健康状态结果进行分类并提供参考性的理论框架。

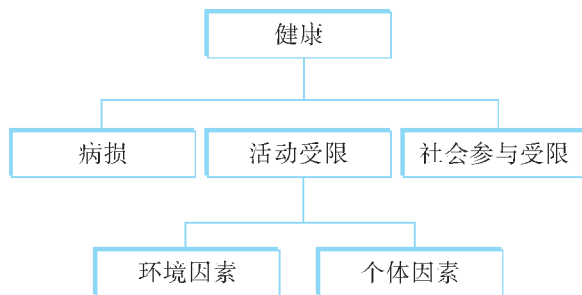


图 3-1 ICF 体系模式图（国际残疾分类：ICF 简版，日内瓦，WHO，2001）

ICF 把个体的残疾建立在社会模式基础上，它重视伤残个体本身的健康状况，不仅仅把残疾作为个人特性，还从残疾人融入社会的角度出发，将残疾视为一种社会性问题，认为这些问题都是在社会环境下形成的一种复合状态。因此，对残疾问题的管理不单纯地强调个体和家庭行动的参与，同时也强调社会参与，要求改造环境，以使残疾人能充分参与社会生活的各个方面。因此，ICF 引导了社会态度或整体意识形态，引导了整体变化。从政治层面上来讲，这也是人权问题。

应用 ICF 分类体系可为脊髓损伤患者的康复治疗制订出非常明确的康复目标，这个康复目标所涵盖的范围也尽可能地符合患者的要求，以及家人和社会的认识。脊髓损伤患者最

大的问题是肌力不足、感觉缺失；而肌力不足会直接影响患者步行、转移等运动能力，运动能力受限又进一步影响患者参与活动方面的能力和程度。因此，患者的自理活动、工作、家庭生活和社区活动等方面的问题都会受到不同程度的影响。另外，患者所受伤害、**活动障碍（Activity Disorder）**和社会**参与受限（Participation Limitation）**程度等还会受到环境因素和人为因素，如家庭成员或照顾者的支持力度、是否可以获得合适的辅助器具、个人或家庭经济状况，以及各种社会响应能力等因素的影响。在ICF的体系中，环境因素和人为因素被认为是重要的承接和影响因素。

ICF分类体系对脊髓损伤康复进程中的各个阶段均有非常好的指导作用，整体上主要有以下五个步骤：

1. 评估疾病损害、活动障碍和社会参与受限情况。
2. 根据活动和参与受限情况设定目标。
3. **鉴别关键问题（Identification of Key Problems）**。
4. 监督和管理执行情况。
5. 评估疗效。

以上每一步工作重点都为本框架体系提出明确的康复治疗程序。康复工作强调在恢复期的治疗工作。而在伤后早期，患者处于绝对卧床期，不宜对其活动和社会参与受限情况进行评估。因此，此期也无法进行准确的目标设定。

## 第一节 评估疾病损伤、活动障碍及参与受限情况

不管在任何时候，评估都是物理治疗工作开展的<sup>第一步</sup>，是制订康复计划和康复目标的基本依据。通过详细的检查和评估工作，物理治疗师可以明确患者的身体病损情况、活动障

碍情况、家庭或社会参与受限程度等，这为下一步工作打下基础。准确的评估结果是制订合理康复治疗策略的基本保障。

临床工作中，物理治疗师在制订康复治疗计划前，需收集患者的各种信息，如年龄、性别、职业、病因、病程、神经受损程度、外科处理情况、并发症、合并症、社会经济背景、内外科处理方案、前期用药史、家庭支持力度、工作状况、生活环境和条件等。这些信息可以给物理治疗师提供重要的参考依据，并对后期躯体功能和活动能力等方面的评估提供重要的指导。

### 一、躯体损伤评估

躯体受损情况评估是针对躯体局部受损或疾病情况的评估，是躯体“病损”层面的评估，包括关节活动度、肌力、感觉、呼吸功能、心血管功能、疼痛、心理状况等方面的情况。详细评估方法见本书后面相关章节。

### 二、活动障碍和参与受限情况评估

有关活动障碍和参与受限情况的检查应属于个体和社会层面的评估。用于评估脊髓损伤患者活动受限和社会参与受限程度常用的量表主要有**功能独立性评估量表（Functional Independence Measure, FIM）**、**脊髓损伤独立能力评估量表**、**四肢瘫功能指数**等。这些量表不仅可以评估患者日常生活活动方面的独立能力，还能反映患者活动障碍和社会参与受限的程度，甚至受限范围等具体问题，其中很多评估量表用于评估患者穿衣能力、大小便控制能力、转移能力、进食能力等。

**1. 脊髓损伤独立能力评估量表** **脊髓损伤独立能力评估量表（Spinal Cord Injury Independence Measure, SCIM）**是专为脊髓损伤患者设计的（表3-1），最大的特点是增加了对步行能力及呼吸的评价。SCIM主要包含自理、呼

吸及括约肌控制、转移等内容。自理部分包括进食、洗澡、穿衣、梳洗；呼吸及括约肌控制部分包括呼吸、膀胱管理、直肠管理、厕所使用；转移部分分为卧室和厕所内的转移以及室内和室

外活动两部分。各项评定依据患者自理程度及是否借助辅助具及他人的帮助进行评分，每项的分值不尽相同。研究证实，SCIM 反映脊髓损伤患者功能改善较 FIM 更为敏感。

表 3-1 脊髓损伤独立能力评估量表 (SCIM)

姓名:	年龄:	性别:	检查日期:	住院号:
损伤平面:	损伤程度: 完全 / 不完全	ASIA: A/B/C/D/E		

**自我照顾**

1. 进食 (切割、打开瓶盖、倒出食物、送食物入口、握持水杯) ( )

0 分 需要胃造瘘、胃肠外营养或完全帮助进食

1 分 吃饭、饮水、穿脱支具需要部分帮助

2 分 借助适合的辅助器具可以独立进食, 或者仅在切割食物、倒出食物和打开瓶盖时需要帮助

3 分 能够独立进食和饮水, 不需要任何帮助

2. 洗澡 (擦肥皂、清洗、擦干身体和头发、开关水龙头) ( )

A= 上半身 ( )

0 分 需要完全帮助

1 分 需要部分帮助

2 分 借助辅助器具或者在特殊的环境中可独立完成

3 分 在任何环境下都可独立完成

B= 下半身 ( )

0 分 需要完全帮助

1 分 需要部分帮助

2 分 借助辅助器具或者在特殊的环境中可独立完成

3 分 在任何环境下都可独立完成

3. 穿衣 (衣服、鞋子、矫形器, 包括穿和脱) ( )

A= 上半身 ( )

0 分 完全需要帮助

1 分 穿脱无纽扣、拉链或系带的衣物需部分帮助

2 分 借助辅助器具或在特定情况下可独立穿脱无纽扣、拉链或系带的衣物

3 分 穿脱无纽扣、拉链或系带的衣物不需辅具, 但穿脱有纽扣、拉链或系带的衣物需部分帮助或需辅助器具

4 分 完全独立, 不需要任何帮助或辅具

B= 下半身 ( )

0 分 完全需要帮助

1 分 穿脱无纽扣、拉链或系带的衣物需部分帮助

2 分 借助辅助器具或在特定情况下可独立穿脱无纽扣、拉链或系带的衣物

3 分 穿脱无纽扣、拉链或系带的衣物不需辅具, 但穿脱有纽扣、拉链或系带的衣物需部分帮助或需辅助器具

4 分 完全独立, 不需要任何帮助或辅具

4. 修饰 (洗脸、刷牙、梳头、剃须、化妆) ( )

0 分 完全依赖

1 分 需要部分帮助

2 分 借助辅助器具可独立完成

3 分 完全独立, 不需要任何帮助或辅助器具

续表

子项目得分：

呼吸与括约肌控制

5. 呼吸 ( )

- 0 分 需要气管插管和持续或间断辅助通气
- 2 分 使用气管插管独立呼吸，需吸氧，咳嗽或插管护理需要较多帮助
- 4 分 使用气管插管独立呼吸，咳嗽或插管护理需要少量帮助
- 6 分 不用气管插管独立呼吸，需吸氧，辅助咳嗽，氧气面罩（如呼气末正压通气）或间歇辅助通气
- 8 分 不用气管插管独立呼吸，咳嗽需要少量帮助或刺激
- 10 分 独立呼吸，不需要任何帮助或器具

6. 膀胱管理 ( )

- 0 分 留置导尿
- 3 分 残余尿量多于 100mL，无定时导尿或间歇辅助导尿
- 6 分 残余尿量少于 100mL 或自主间歇导尿，但处理集尿器具需帮助
- 9 分 独立间歇导尿，使用和整理外部集尿器具不需帮助
- 11 分 独立间歇导尿，导尿间期可自我控制，不需外部集尿器具
- 13 分 残余尿量少于 100mL，仅需外部集尿器，排尿不需帮助
- 15 分 残余尿量少于 100mL，不需外部集尿器

7. 直肠管理 ( )

- 0 分 极不规律，或者便秘（少于每 3 天 1 次）
- 5 分 大便规律，但需帮助（例如：栓剂），偶有失禁（少于每月 2 次）
- 8 分 大便规律，无需帮助，偶有失禁（少于每月 2 次）
- 10 分 大便规律，无需任何帮助，无失禁

8. 如厕（会阴清洁、穿脱衣裤、使用护垫或尿布） ( )

- 0 分 完全需要帮助
- 1 分 需要部分帮助，不能独立清洁会阴区
- 2 分 需要部分帮助，可独立清洁会阴区
- 4 分 可独立如厕，但需辅助器具或特殊设施（如扶手）
- 5 分 完全独立，无需辅助器具或特殊设施

子项目得分：

转移（房间或厕所）

9. 床上体位转移和压疮预防 ( )

- 0 分 所有活动都需帮助：翻身（包括上半身和下半身）、床上（边）坐起、轮椅撑起，可用或不用辅助器具，但不能使用电动设备
- 2 分 可独立完成一项活动
- 4 分 可独立完成 2~3 项活动
- 6 分 可独立完成床上活动和减压活动

10. 转移：床 - 轮椅转移（使用刹车、翻踏板、调整扶手、转移、抬脚） ( )

- 0 分 完全依赖
- 1 分 需部分帮助或监护，可用或不用辅助器具（如：滑板）
- 2 分 完全独立（或不用轮椅）

11. 转移：轮椅 - 厕所 - 浴盆（如使用浴凳则评估轮椅和浴凳之间的转移，如使用普通轮椅则评估刹车、翻踏板、调整扶手、转移、抬脚） ( )

- 0 分 完全依赖
- 1 分 需部分帮助或监护，可用或不用辅助器具
- 2 分 完全独立（或不用轮椅）



续表

<b>子项目得分:</b>	
<b>转移 (室内或室外平地)</b>	
12. 室内转移	( )
0分 完全依赖	
1分 需电动轮椅, 或操控手动轮椅时需部分帮助	
2分 独立操控手动轮椅	
3分 步行时需要监护 (用或不用辅助设备)	
4分 借助助行架或拐杖步行 (摆动步态)	
5分 借助拐杖或两只手杖步行 (双脚交替性步行)	
6分 使用单手杖步行	
7分 只需下肢矫形器	
8分 无辅助步行	
13. 中等距离转移 (10~100m)	( )
0分 完全依赖	
1分 需电动轮椅, 或操控手动轮椅时需部分帮助	
2分 独立操控手动轮椅	
3分 步行时需要监护 (用或不用辅助设备)	
4分 借助助行架或拐杖步行 (摆动步态)	
5分 借助拐杖或两只手杖步行 (双脚交替性步行)	
6分 使用单手杖步行	
7分 只需下肢矫形器	
8分 无辅助步行	
14. 室外转移 (大于 100m)	( )
0分 完全依赖	
1分 需电动轮椅, 或操控手动轮椅时需部分帮助	
2分 独立操控手动轮椅	
3分 步行时需要监护 (用或不用辅助设备)	
4分 借助助行架或拐杖步行 (摆动步态)	
5分 借助拐杖或两只手杖步行 (双脚交替性步行)	
6分 使用单手杖步行	
7分 只需下肢矫形器	
8分 无辅助步行	
15. 上下楼梯	( )
0分 不能上 / 下台阶	
1分 在他人帮助和监护下上下至少 3 个台阶	
2分 使用扶手、拐杖或手杖可上下至少 3 个台阶	
3分 不用任何帮助和监护可上下至少 3 个台阶	
16. 转移: 轮椅 ↔ 汽车 (靠近汽车, 刹住刹车, 移除轮椅扶手和脚踏板, 上下汽车, 把轮椅拿进或移出汽车)	( )
0分 完全依赖	
1分 需要部分帮助, 或监护, 可使用辅助器具	
2分 完全独立转移, 不需任何辅助器具 (或者不需轮椅)	
17. 转移: 地面 ↔ 轮椅	( )
0分 完全需要帮助	
1分 独立转移, 可用或不用辅助器具 (或者不需轮椅)	
<b>子项目得分:</b>	
SCIM 得分	SCIM 总分: /100

(南京医科大学第一附属医院 / 江苏省人民医院康复医学中心蔡可书译)

**2. 四肢瘫患者功能指数量表** 四肢瘫患者功能指数（The Quadriplegia Index of Function, QIF）是 Gresham 等人于 1980 年针对四肢瘫患者设计的功能评定量表（表 3-2），以求更敏感全面地反映四肢瘫患者的功能状况。QIF 由转移、梳洗、洗澡、进食、穿脱衣服、轮椅活动、床上活动、膀胱功能、直肠功能及对护理知识的掌握等 10 大类内容组成；每类内容均再细分为数项，如进食包含用杯子 / 玻璃杯喝水、使用勺子、使用叉子、倒出饮料 / 水、打开瓶盖 / 罐头、涂抹面包、准备简单食物、使

用适宜的设备等。依据自理程度、是否需辅助具及需要他人帮助的量，采用 5 级计分制，每项最高 4 分，最低 0 分。每类得分为其中各项得分之和，并依据在日常生活中的重要性赋予不同的权重系数，按权重校正后的得分之和即为患者的 QIF 总分（总分 100 分）。研究证实，QIF 量表在评定者之间具有良好的相关性，能比 MBI 和 FIM 更敏感地反映四肢瘫患者的功能水平及能力缺陷。由于未对行走能力进行评价，故 QIF 不适合对部分颈髓不完全性损伤患者进行全面评定。

表 3-2 四肢瘫患者功能指数量表

内容	具体动作	评分	折算方法	评分范围
①转移	A. 床到轮椅	各 0~4 分 共 0~32 分	$(0 \sim 32) \div 2 =$ 0~16 分	0~16 分
	B. 轮椅到床			
	C. 轮椅到马桶 / 便桶（盆）			
	D. 厕所 / 便桶（盆）到轮椅			
	E. 轮椅到交通工具（如汽车）			
	F. 交通工具到轮椅			
	G. 轮椅到淋浴 / 盆浴			
	H. 淋浴 / 盆浴到轮椅			
②修饰	A. 刷牙	各 0~4 分 共 0~12		0~12
	B. 梳头			
	C. 刮脸（女性用吹发器）			
③洗澡	A. 洗 / 擦干上身	各 0~4 分 共 0~16 分	$(0 \sim 16) \div 2 =$ 0~8 分	0~8 分
	B. 洗 / 擦干下身			
	C. 洗 / 擦干脚			
	D. 洗 / 擦干头发			
④进食	A. 用杯饮水	各 0~4 分 共 0~32 分	$(0 \sim 32) \times 0.75 =$ 0~24 分	0~24 分
	B. 使用匙 / 叉			
	C. 切开食物（肉）			
	D. 倒饮料			
	E. 开罐头 / 广口瓶			
	F. 面包上抹黄油等			
	G. 准备简单食物			
	H. 使用改造的厨房用具			

续表

内容	具体动作	评分	折算方法	评分范围
⑤更衣	A. 穿户内用上衣	各 0~4 分	$(A+B) \times 1.5 =$ $(0 \sim 8) \times 1.5 =$ $0 \sim 12$ 分 余 7 项得分之和再 $\div 2 = 0 \sim 28$ 分 最终得分为: $0 \sim 40$ 分 $\div 2$ $= 0 \sim 20$	0~20 分
	B. 脱户内用上衣			
	C. 穿户内用裤、裙			
	D. 脱户内用裤、裙			
	E. 穿户外用较重的上衣			
	F. 脱户外用较重的上衣			
	G. 穿脱袜子			
	H. 穿脱鞋			
	I. 扣纽扣			
⑥驱动轮椅	A. 转弯	各 0~4 分 共 0~28 分		0~28 分
	B. 后退			
	C. 刹车闸			
	D. 在颠簸 / 不平地面上驱动轮椅			
	E. 驱动轮椅上斜坡			
	F. 在轮椅上移动和调整姿势			
	G. 保持坐位平衡			
⑦床上活动	A. 仰卧到俯卧	各 0~4 分 共 0~20 分		0~20 分
	B. 仰卧到长坐位			
	C. 仰卧到侧卧			
	D. 侧卧到侧卧			
	E. 长腿坐位保持平衡			
⑧膀胱功能	(下列活动依不同情况评分)	取所选用项 的最高分 $\times 7$	得分为 0~28 分	0~28 分
	A. 随意排空膀胱			
	a. 在厕所			
	b. 在便桶 (盆) 中			
	B. 间歇导尿			
	C. 反射性膀胱的处理			
	D. 留置尿管			
	E. 回肠替代术后			
	F. 挤压排尿			
⑨直肠功能	(下列活动依不同情况评分)	取所选用项 的最高分 $\times 6$	得分为 0~24 分	0~24 分
	A. 完全控制			
	a. 在厕所			
	b. 在便桶 (盆) 中			
	B. 使用肛门栓剂			
	a. 在厕所			
	b. 在便桶 (盆) 中 / 床 / 垫 / 椅上			
	C. 用手指清除大便			
	a. 在厕所			
	b. 在便桶 (盆) 中			
	D. 用手指或机械刺激			
	a. 在厕所			
	b. 在便桶 (盆) 中 / 床上			

续表

内容	具体动作	评分	折算方法	评分范围
⑩护理知识	A. 皮肤护理	各 0~4 分 共 0~40 分	$(0 \sim 40) \div 2$ =0~20 分	0~20 分
	B. 饮食与营养			
	C. 药物			
	D. 矫形器			
	E. 关节活动度			
	F. 自主神经反射紊乱的控制			
	G. 上呼吸道感染			
	H. 泌尿道感染			
	I. 深静脉血栓			
	J. 取得服务机构或他人的帮助			

### QIF 各项评分标准

① ~ ⑦项评分标准:

0 分: 完全依赖, 患者完全不能活动

1 分: 需要一名看护人员抬起患者或患者身体的一部分

2 分: 只需要旁人看护, 可以有或无身体接触, 看护人员不必上举患者肢体

3 分: 借助器具可独立完成动作, 无需旁人看护, 患者能自己穿戴辅助器具

4 分: 动作完全独立完成, 不需要辅助器具

⑧项评分标准:

A. 自主排空膀胱

a. 在厕所中

4 分: 患者能完全独立完成, 如转移、穿衣、便后处理等均不需任何帮助

3 分: 患者转移时不需帮助, 但穿衣或便后处理需帮助

2 分: 患者转移时不需帮助, 但穿衣和便后处理均需帮助

1 分: 患者转移时需帮助, 且穿衣或便后处理也需帮助

0 分: 完全依赖, 上述任何动作均不能完成

b. 在便桶 (盆) 中

3 分: 独立完成, 如独立转移至便桶上,

且穿衣和便后处理不需帮助

2 分: 穿衣和便后处理中的一项需帮助

1 分: 穿衣和便后处理均需帮助

0 分: 上述任何动作均不能完成

B. 间歇导尿

3 分: 可独立完成所需用具的准备、定位、操作, 且能独立穿衣和做便后处理

2 分: 可独立穿衣, 但下列之一需帮助: 所需用具的准备、定位、处理、便后处理

1 分: 上述动作均需帮助, 但患者能指导辅助者如何进行

0 分: 对膀胱的有关情况一无所知

C. 反射性膀胱的处理

3 分: 可独立完成, 如准备所需用具、穿衣、便后处理均能独立完成

2 分: 可独立穿衣, 但下列之一需帮助: 准备用具和便后处理

1 分: 上述动作均需帮助, 但患者能指导辅助者如何进行

0 分: 上述情况均不能完成

D. 留置导尿

3 分: 独立完成穿衣、换尿袋和尿管、定位、便后处理

2 分: 下述动作最多有两项需要帮助: 穿



衣、准备尿管、换尿袋、定位、便后处理

1分：上述动作有3项或2项以上需帮助，但能指导辅助者如何进行

0分：不能完成上述动作，也不能指导他人

E. 回肠替代术后

3分：独立完成穿衣、换尿袋和便后处理

2分：上述动作之一需要帮助

1分：上述动作有2项以上需帮助，但能指导辅助者如何进行

0分：上述各项均不能完成

F. 挤压排尿

3分：独立完成穿脱衣服、准备物品、操作及便后处理

2分：上述动作之一需要帮助

1分：上述动作有2项以上需帮助，但能指导辅助者如何进行

0分：不能指导他人

⑨项评分标准：

A. 完全控制

a. 在厕所中

4分：完全独立完成，如转移、穿衣、便后处理均能独立完成

3分：转移能独立完成，但穿衣或便后处理需帮助

2分：转移能独立完成，但穿衣和便后处理均需帮助

1分：转移需辅助，且穿衣或便后处理也需帮助

0分：上述动作均需帮助

b. 在便桶（盆）中

3分：完全独立，如穿衣、转移至便桶上、便后处理均能独立完成

2分：能转移到便桶上，但穿衣和便后处理中的一项需帮助

1分：能转移到便桶上，但穿衣和便后处理均需帮助

0分：完全依赖

B. 使用肛门栓剂

a. 在厕所中

4分：完全独立完成，如转移、穿衣、使用栓剂、便后处理均能独立完成

3分：能独立完成转移，但下述动作之一需帮助：穿衣、使用栓剂、便后处理

2分：转移独立完成，但下述动作中有2项需帮助：穿衣、使用栓剂、便后处理

1分：上述动作均需帮助，但能指导辅助者操作或能转移，其余动作均需辅助

0分：完全依赖，如大便失禁

b. 在便桶（盆）中 / 在床上 / 在垫子上

3分：能独立准备物品、使用栓剂和便后处理

2分：使用栓剂或便后处理需辅助

1分：使用栓剂及便后处理均需帮助，但能指导辅助者如何进行

0分：完全依赖

C. 用手指清除大便

a. 在厕所中

4分：能独立转移、穿衣、自己清除大便并做便后处理

3分：可独立完成转移，但下述动作之一需帮助：穿衣、独立清除大便、便后处理

2分：能独立转移，但下述动作中有2项需帮助：穿衣、独立清除大便、便后处理

1分：全需帮助，但能指导辅助者操作或能独立转移，其他动作均需辅助

0分：完全依赖

b. 在便桶（盆）中 / 在床上

3分：能独立准备物品、清除大便、穿衣及做便后处理

2分：上述动作之一需帮助

1分：上述动作中有2项需要帮助

0分：完全依赖

D. 用手指或机械刺激

a. 在厕所中

4 分：完全独立，如转移、穿衣、刺激及便后处理

3 分：能独立完成转移，但下述动作之一需帮助：穿衣、刺激、便后处理

2 分：能独立转移，但下述动作中有 2 项需帮助：穿衣、刺激、便后处理

1 分：上述动作全需辅助，但能指导辅助者操作或能转移，其他动作全需辅助

0 分：完全依赖

b. 在便桶（盆）中 / 在床上

3 分：完全独立，如完成刺激、穿衣、便后处理

2 分：能独立完成刺激动作，但穿衣或便后处理需帮助

1 分：上述动作均需帮助，但能指导辅助者如何进行

0 分：完全依赖

⑩项评分标准：在让患者接受充分的脊髓损伤后的护理知识教育后，再让其回答下列选择题，根据回答的情况进行评分。

**选择题：**

I. 皮肤护理

A. 经多长时间给皮肤减压一次

- a. 轮椅上每隔 15 分钟，床上每隔 2 小时
- b. 轮椅上或床上都需每隔 2 小时
- c. 轮椅上每隔 2 小时，床上每隔 4 小时
- d. 每日 3 次

B. 不应用哪一种方法来减压

- a. 空气垫
- b. 轮椅垫
- c. 橡皮圈
- d. 羊皮

C. 预防压疮不适宜的一种方法是

- a. 定期减压

b. 在经常检查皮肤发红的地方

c. 长期坐位

d. 保持皮肤干燥和清洁

II. 饮食 / 营养

A. 合理饮食 / 营养对脊髓损伤患者是很重要的，因为它能

- a. 保持直肠功能
- b. 预防深静脉血栓
- c. 预防上呼吸道感染
- d. 减轻皮肤压力

B. 下列食物中你不需要的是

- a. 谷物、面包、面团
- b. 炸面饼、糕点、冰激凌
- c. 水果和蔬菜
- d. 肉、鱼、家禽

III. 药物

A. 请列举一种目前正在服用的药物名称、用药目的、剂量、服法

名称： 目的：

剂量： 服法：

B. 按处方给的药物已服完时怎么办

- a. 停止服药
- b. 只要能找到药就接着服用
- c. 告诉医生另开处方
- d. 自己动手制作相似的药来服用

IV. 矫形器

A. 矫形器用于

- a. 保护双手免受外伤
- b. 防止肌肉萎缩
- c. 把关节、肌肉、韧带保护在功能位
- d. b 和 c

B. 取下矫形器后皮肤发红的部位说明已经受压，应该多长时间告诉 OT 师重新调整

- a. 1h 以后
- b. 1d 以后
- c. 20min 以后

- d. 立刻
- C. 可以用来清洗塑料矫形器的是
  - a. 温和的肥皂和凉的或微温的水
  - b. 热水和强力清洁剂
  - c. 热水和温和的肥皂
  - d. 开水
- D. 如果矫形器丢失或断裂怎么办
  - a. 从药店买一个相似的
  - b. 与 OT 师联系
  - c. 叫工匠重新做一个
  - d. 与地方安全部门联系
- E. 修理轮椅的方法是
  - a. 独立或在监护下自己维修
  - b. 家庭成员或朋友
  - c. 经销商或售后服务部门
  - d. a~c 均可
- F. 改装矫形器应通过
  - a. 由医生开处方, OT 师推荐后购买
  - b. 卖主处直接购买
  - c. 由医生开处方, OT 师制作
  - d. a 和 c
- G. 手部低温矫形器在热天遗留在汽车里会发生
  - a. 裂开
  - b. 熔化
  - c. 被偷
  - d. a、b、c 都不是
- V 关节活动
  - A. 关节活动的益处是
    - a. 增强肌肉
    - b. 助于循环
    - c. 预防感染
    - d. 保持软组织和肌肉的长度
    - e. b 和 d
  - B. 关节活动的关键是
    - a. 定期进行
    - b. 从手到足趾都活动
    - c. 出现问题及时找专业人员
    - d. 关节活动终了时动作应轻
    - e. a~d 均遵守
  - C. 可能造成关节活动受限的原因是
    - a. 高血压
    - b. 膀胱感染
    - c. 上肢或下肢肿胀
    - d. 脊髓休克
  - D. 下肢痉挛时活动关节的方法
    - a. 快速用力活动
    - b. 慢速、缓慢地用力活动
    - c. 痉挛停止后再活动
    - d. 根本不能活动
- VI. 自主神经反射异常
  - A. 自主神经反射过度的意思是
    - a. 活动亢进难以控制
    - b. 活动减弱易于控制
    - c. 通常发生在 T<sub>6</sub> 平面以下脊髓休克过后
    - d. a~c 的全部含义
  - B. 反射异常的原因是
    - a. 膀胱过于扩张
    - b. 直肠过于扩张
    - c. 痉挛、感染、膀胱结石
    - d. a~c 均可引起
  - C. 反射异常的表现是
    - a. 头部跳痛
    - b. 脉缓
    - c. 血压上升
    - d. 包括 a~c 的全部症状
  - D. 反射异常时, 应该
    - a. 坐起来测量一下血压
    - b. 检查膀胱是否排空
    - c. 检查粪便排空情况
    - d. a~c 均应进行
    - e. a~c 均无需进行

## VII. 上呼吸道感染

### A. 上呼吸道感染的表现有

- a. 一般有病的感觉
- b. 低热
- c. 可能有肌肉酸痛
- d. 心慌
- e. a~d 的全部症状

### B. 深呼吸和辅助咳嗽为什么有预防作用

- a. 增强胸肌
- b. 增强腹肌
- c. 增加回心血量
- d. 使气道开放和通畅

### C. 截瘫为何引起上呼吸道感染

- a. 肺活量下降，分泌物积聚
- b. 增加膀胱结石
- c. 肺功能受损
- d. 咳嗽无力
- e. a 和 d

### D. 当怀疑上呼吸道感染时何时去看病

- a. 病情严重或长期经常发病时
- b. 胸痛
- c. 咯血
- d. 痰堵
- e. 高热

### f. a~e 的症状均应去医院

## VIII. 泌尿道感染

### A. 泌尿道感染的表现是

- a. 发热
- b. 寒战
- c. 尿浑浊，有臭味
- d. 痉挛加重
- e. a~d 的全部症状

### B. 当可疑有泌尿道感染时

- a. 留尿样送检
- b. 增加活动量
- c. 停药

### d. 增加饮食

### C. 为预防泌尿道感染不应该

- a. 每日在不同的时间插尿管以训练膀胱
- b. 规律饮食
- c. 定期服药
- d. 全错

## IX. 深静脉血栓

### A. 下肢肿胀时

- a. 卧床
- b. 叫医生
- c. 抬高患肢
- d. 全对

### B. 深静脉血栓起因于

- a. 不活动
- b. 吃得多
- c. 饮水少
- d. 训练

### C. 有预防意义的是

- a. 使用弹力袜
- b. 下肢关节定期活动
- c. 合适体位
- d. a~c 的全部内容
- e. 全错

## X. 如何获得别人的帮助

### A. 下述哪个问题可就近求助于脊髓损伤康

#### 复中心

- a. 各种矫形器
- b. 抑郁，感觉长期不好转
- c. 膀胱或直肠功能问题
- d. a~c 的全部内容
- B. 下述哪种情况不能为健康保险提供经费
- a. 医疗保险
- b. 保险公司
- c. 医疗技术
- d. 按规定需自费的项目
- C. 当突然患病但找不到主管医生时不应该



- a. 到最近的急诊室
- b. 叫救护车送你上医院
- c. 到最近的康复中心急诊室
- d. 强忍着，直到找到原来的主管医生
- D. 有助于四肢瘫患者社区生活的机构是
  - a. 家庭护理机构
  - b. 职业康复机构
  - c. 社区保健机构
  - d. a~c 的任何机构
  - e. 全错
- E. 购置矫形器付款时应得到有关部门的“事先批准”以防止

- a. 被骗
- b. 医生的经济损失
- c. 购置的矫形器不适合用
- d. 自行其是地处理自己的事
- F. 遇到自己不能解决的问题时，应该
  - a. 积极与合适的人或机构取得联系
  - b. 不告诉任何人就放弃
  - c. 想办法惩罚那些漠不关心的人
  - d. 不去想它，希望这件事自然会解决

#### 正确答案：

- I. 皮肤护理：A.a；B.c；C.c；D.d
- II. 饮食 / 营养：A.a；B.b
- III. 药物：A. 回答问题正确；B.c
- IV. 矫形器：A.d；B.c；C.a；D.b；E.d；F.d；G.b
- V. 关节活动：A.e；B.e；C.c；D.b
- VI. 自主神经反射异常：A.a；B.d；C.d；D.d
- VII. 上呼吸道感染：A.e；B.d；C.e；D.f
- VIII. 泌尿道感染：A.e；B.a；C.a
- IX. 深静脉血栓：A.b；B.a；C.d
- X. 如何获得别人的帮助：A.d；B.d；C.d；D.d；E.c；F.a

#### 评分方法和标准：

(1) 对于“皮肤护理、关节活动、自主

神经反射异常、上呼吸道感染、如何获得别人的帮助”这 5 个项目，按答对的题目数量给分。如果 4 个题全对，给 4 分；答对 3 题，给 3 分，依次类推。

(2) 对于“泌尿道感染和深静脉血栓”这两个项目，计分方法如下：

3 道题回答正确 = 4 分

2 道题回答正确 = 3 分

1 道题回答正确 = 2 分

全错 = 0 分

(3) 对于“矫形器”这一项目，计分方法如下：

7 道题回答正确 = 4 分

5~6 道题回答正确 = 3 分

3~4 道题回答正确 = 2 分

1~2 道题回答正确 = 1 分

全错 = 0 分

(4) 对于“饮食”这一项目，2 题全对给 4 分，1 题答对给 2 分，全错为 0 分

(5) 对于“药物”这一项目，计分方法如下：

所有题都回答正确 = 4 分

B 题正确，但 A 题部分正确 = 3 分

A 题正确，但 B 题不正确 = 2 分

B 题正确，A 题错误 = 1 分

A 题和 B 题全错 = 0 分

#### 总分计算：

评出总分后按下式算出 QIF 分：

$QIF = \text{总分} \times 100 / 200$

### 三、活动障碍和活动参与能力专项评估量表

临床使用的评估量表中，有一些专门用于活动障碍和活动参与能力评估的专项评估量表，这些量表可以对活动和运动功能中的各方面进行量化评估。专门用于评估患者步行能力的量表有脊髓损伤步态相关性步行指数

(WISCI)、10米步行测试、运动/活动评估表、抓-放功能测试表、Solleman 测量表、Carroll 6分钟步行能力测试、站起-走时间测量表等。测量表、Jebson 手功能测量表等。还有专门检查患者轮椅操作能力的量表等,详见表 3-3。另外还有些量表专门用于评估患者手功能,如

表 3-3 评估活动障碍和参与受限程度的常用测量工具

评定量表	简要描述
通用量表	
FIM (Functional Independence Measure)	FIM 主要评估患者活动能力受限程度。共涉及 6 个方面 18 项功能活动,包括自理、括约肌控制、转移、运动能力、交流、社会认知,每一项功能活动从完全需要帮助到完全自理分 7 个等级
脊髓损伤独立能力量表 (SCIM)	SCIM 是专门评估脊髓损伤患者的量表,较 FIM 敏感度更高,效度也更高。本量表共涵盖 16 项内容:生活自理能力(4 项)、呼吸与括约肌控制管理(4 项)、活动能力(8 项)等
Barthel 指数 (BI) 和改良 Barthel 指数 (MBI)	BI 涉及患者基本生活的 10 项内容,如进食、穿衣、自我修饰、膀胱和直肠控制、如厕、洗澡转移、步行和上下楼梯等。改良 Barthel 指数评分分级更加详细,把每一项内容都分 5 个等级,敏感性更强一些,信度和效度也更好一些
Craig 残疾和报告技术 (CHART)	CHART 专门用于评估脊髓损伤患者社会参与水平的量表,共 27 项,5 大方面,包括躯体功能独立能力(3 问)、活动能力(9 问)、作业活动(7 问)、社会参与(6 问)、经济自给(2 问)等。每项都有相应的标准(如离床时间)。该表主要采用谈话或问卷调查方式
临床疗效变化表 (COVS)	COVS 共有 13 项,每项 7 分,该表评估患者日常活动能力如翻身、从卧位到坐位转移、坐位平衡、转移、步行、轮椅活动、上肢功能等,分数越低说明患者活动水平越低。该表适用于所有接受康复治疗的患者,但评估脊髓损伤患者时还需考虑损伤平面、损伤程度和步行能力等因素
PULSES 评定	PULSES 主要评估慢性病患者的活动能力和社会参与受限程度,共涵盖 6 个方面:躯体状况 (P)、上肢功能 (U)、下肢功能 (L)、感觉功能 (S)、排泄功能 (E) 和支持因素 (S) 等。每项评分 1~4 分,代表患者各种日常活动从完全自己解决到完全依赖等
四肢瘫功能指数 (QIF)	QIF 是专门用来评估四肢瘫患者功能情况的量表,共包含 10 项目,其中 3 项评估活动能力(转移 8%、轮椅活动 14%、床上活动 10%),每项 5 分。由于该表评估非常耗时,可使用简化版 QIF 表
Katz 日常生活活动能力指数	Katz 日常生活活动能力指数主要用于评估 6 项活动(洗澡、穿衣、如厕、转移、二便和进食)的独立能力,每项活动最高 2 分,总和为总分(用字母表示 A~G)
SF-36 健康调查表 (医学结局研究简明调查表)	SF-36 健康调查表从 8 个方面对患者生存质量进行评估,涵盖躯体功能、躯体问题引起的角色限制、肢体疼痛、一般疾病、体能 (vitality)、社会功能、情绪问题引起的角色限制、精神问题等,每个方面的评估都需要概括躯体和精神两大要素进行评估。SF-36 也被用于脊髓损伤患者
加拿大作业表现量表 (COPM)	COPM 用于评估患者在活动和参与受限变化情况下的个体表现,是半调查结构形式,来判断患者具体的活动能力受限和参与受限。患者对每个问题的重要性、表现和满意度用 0~10 分来判断。COPM 主要是用来观察患者活动参与的变化程度

续表

评定量表	简要描述
脊髓损伤患者体能活动能力唤醒评估量表 (PARA-SCI)	PARA-SCI 是关于躯体活动的自评量表, 是为脊髓损伤患者设计的半调查结构量表, 所有和休闲以及日常活动相关的躯体活动时间都需要记录, 每项活动都根据程度分级
Tufts 运动表现评估表 (TAMP)	TAMP 用于评估上下肢粗大和精细功能表现, 涉及 31 个领域 105 项任务。包括手部精细功能和穿衣、活动、转移、轮椅技巧等独立能力, 每一项任务都是 7 分制
需求评估检查单 (NAC)	NAC 专门用于评估脊髓损伤康复程度。设 9 部分共 199 项内容, 包括 ADL、皮肤管理、膀胱管理、直肠管理、活动能力、轮椅和辅助器具、社区参与准备、出院协作、心理问题等。本检查表对指导患者为自己提供帮助的能力和独立完成活动的的能力没有进一步区分
照护依赖量表 (CDS-R)	根据失能患者依赖他人照护的程度以 Likert5 级进行计分。从“完全依赖他人照护”到“完全自理, 不需要依赖他人照护”依次计为 1~5 分, 总分 16~80 分, 分值越高表示依赖他人照护的程度越低
步行量表	
脊髓损伤步态相关性步行指数 (WISCI)	WISCI 是专门为脊髓损伤患者设计的评估量表。评估脊髓损伤患者的步行能力以及对辅助支具、助行器的需求程度, 从 0~20 分, 0 分为不能站立或步行, 20 分为无任何辅助可行走
脊髓损伤功能性步行细表 (SCI-FAI)	SCI-FAI 是对患者步行能力的观察性评估量表, 用序数表将步行能力表现分 9 级, 包括 2 分钟步行能力测试
步行活动力量表 (WMS)	WMS 是对步行能力进行的 5 分制评估量表。主要包括以下几种步行策略: 生理学步行距离、室内限制性步行距离、室内独立步行距离、社区限制性步行距离、社区独立步行距离
起立-步行时间测试 (Timed Up and Go)	起立-步行时间测试用于测量患者从椅子上站起来后步行 3 米, 再转身回到椅子并坐下所用的时间, 不可有躯体接触性帮助
10 米步行测试	10 米步行测试用于测量患者步行速度 (米/秒), 要求患者以最大速度步行 14 米, 但只记录中间 10 米的步行时间
6 分钟步行能力测试	6 分钟步行能力测试用于测试患者耐力, 要求患者以最快的速度步行 6 米, 中间可在任意时间休息, 记录步行距离和休息次数
功能性站立能力测试 (FST)	FST 评估患者站立时够触物体的能力, 包括 20 项操作要求和拿起不同物体的动作, 患者可佩戴支具, 但要求动作以最快速度完成, 部分动作引自 Jebsen 手功能评估法
改良 Benzel 功能分级 (MBF)	MBF 对患者神经功能和行动能力以 7 分制进行评级。神经功能分级基于 ASIA 评级法, 行动能力分级粗略地基于关键步态数据, 包括 7~75 米步行能力
上肢功能	
上肢工具性功能量表 (CUE)	CUE 是上肢功能量表, 是专门为四肢瘫患者设计的问卷式自评量表。患者可以用该表 32 项任务, 每项 7 分, 对自己进行总能力评估
四肢瘫患者手部活动能力问卷 (THAQ)	THAQ 用来评估患者对上肢和手的感知觉。患者要对 153 项运动能力进行评估, 包括实施任务动作的能力 (4 分制)、是否需要帮助 (4 分制) 和任务重要性 (3 分制)
常用物品检查 (COT, Common Object Test)	COT 主要用来评估神经假体的作用。要求患者进行 14 项动作任务, 每项任务有数个任务, 根据所需辅助程度计分, 最高以 6 分计算

续表

评定量表	简要描述
力量、感觉和抓握功能分级和再评估量表 (GRASP)	GRASP 是专门用于评估颈髓损伤四肢瘫患者 (C <sub>1</sub> ~T <sub>1</sub> ) 手功能的量表, 适用于损伤后从急性期开始的整个恢复过程。GRASP 共有 3 个部分: 肌力检查主要针对上肢 10 块关键肌肉的徒手肌力测试; 感觉检查主要用单丝试验检查手部感觉成分; 抓握部分为定性描述抓握过程中手和手指的精确位置, 以及 6 项日常活动的实际抓握能力检查
抓握和释放试验 (GRT)	GRT 用于评估手功能。原本用于评估 C <sub>5</sub> /C <sub>6</sub> 损伤四肢瘫患者使用神经假体的功能情况。本测试要求患者用掌侧抓握或侧捏的方式操作 6 种不同物体, 主要计算患者完成任务的速度和成功率
轮椅活动	
魁北克辅助技术满意度调查量表 (QUEST)	QUEST 有 12 项问卷, 评估患者对包括轮椅在内的辅助技术的满意度, 每项评分 1~6 分, 从“一点都不满意”到“非常满意”, 其中 8 项和辅助器具相关, 4 项和提供的服务有关
改良功能性够触测试量表 (mFRT)	mFRT 用于评估患者坐位向前够触物品的能力, 记录 3 次尝试中最好的 1 次
运动能力计时检查 (TMT, timed motor test)	TMT 是为脊髓损伤的儿童患设计的量表, 有 6 大项, 评估患儿完成每项任务的时间。任务有穿衣、转移和操控手动轮椅等
5 项补充移动和运动项目 (5-AML)	5-AML 是专门为轮椅独立使用者设计的量表, 包括 5 大项, 评估患者的转移能力、床上移动能力、手动轮椅上移动能力等。该表可以和 FIM 联合使用
轮椅巡回能力测试 (WCT)	WCT 包括 9 项测试内容, 评估轮椅活动、转移和驱动等不同方面的能力, 此 2 项测试均要求患者在运动平板上驱动轮椅
轮椅技巧能力评估 (WST)	WST 包含 57 项测试内容, 评估患者轮椅上的活动能力, 包括简单任务如刹车, 或者复杂任务如转移或推上路边石等。每项最高 3 分, 反映患者的能力和安全性。另外还有一份同名问卷式调查表

## 第二节 物理治疗目标设定

### 一、物理治疗目标设定的意义

目标设定 (Target Setting) 是综合物理治疗和整个康复进程的主要步骤, 且该工作应始终以患者为中心。康复治疗目标的设定对指导物理治疗师的工作有非常重要的意义, 是引导康复治疗有目的进行的必要条件。开始阶段, 患者明确提出整体康复目标, 物理治疗师和多学科康复医疗小组成员共同针对患者的目标进行协商, 并根据患者参与受限水平、自身损伤情况等设定更加合理的康复目标。这个目标应该和患者的目标统一, 如果两者有冲突, 需积

极沟通, 反复磋商, 最终达成一致。例如, 某患者康复治疗的关键目标是回到工作岗位或学校, 则物理治疗师的目标设定应该是目的非常明确的、有实际意义的功能性活动的建立, 这也符合 ICF 针对活动障碍和参与受限进行治疗的精神。在制订实际康复计划时, 还要确定物理治疗中的细节工作应该为解决患者的活动受限服务, 尤其是在 ICF 规定的有关活动能力、生活自理和家庭生活问题的子任务设定问题上, 这些子项目包括驱动轮椅、床上翻身、坐卧转移、进食、饮水、自我照顾、娱乐和休闲兴趣等。

物理治疗目标的设定需要患者和对其负责的康复团队成员共同协商确定, 包括近期目标



和远期目标。近期目标可设定周目标，远期目标可设置半年甚至更长时间的目标，而且特殊目标也应作为阶段性治疗的一部分。

目标设定很重要。首先可以稳定患者、家属和照护人员的期望值（期盼心理）和稳定心理，并能为患者、医生、治疗师、护士、家属、照护者等参与患者康复过程的每一个人为实现目标所要承担的具体工作和任务提出明确的指南和建议。在目标和基本事实方案确立后，大家就要积极地为各自所负责的康复计划而努力。目标的讨论或确立工作对树立患者和家属的信心及保证他们的期望有很重要的作用。有了目标，患者和家属会坚定康复信念，同时他们也会更加积极地参与康复治疗。积极主动地参与康复治疗是脊髓损伤患者康复最重要的条件。如果没有明确的康复目标，康复治疗失去方向，患者被动接受康复治疗，主动参与训练的积极性会大大降低，康复疗效会显著降低。其次，明确的康复目标还可以汇集康复团队所有人的力量来满足患者的康复需求，为患者终极目标的实现提供更充分的动力和凝聚力。

康复目标的实现与否、实现的程度等还可以作为康复治疗成功与否或在康复过程中鉴别临床问题的手段和方法。目标实现，说明康复过程中的各项工作是恰当的，临床诊断和判断是确切的，总体工作是正确的；若目标没有实现，说明工作是失败的，其原因可能很多，这需要深入探究。例如，是治疗前的检查出现误差？是治疗措施不当？是受临床其他因素如某种并发症的影响？或是有新的疾病或损伤出现？是患者的主观原因如情绪低落、主动参与康复治疗的积极性不足？不管怎样，目标没有实现，说明之前的目标设置是需要改进的。但这种通过目标是否实现来判断康复治疗成功与否的做法是有很大弊端的，其中一个弊端就是

物理治疗师会给患者设置一些没有任何挑战性的任务和目标。这样虽然能大大提高单项任务的成功率，但总体上会影响患者康复治疗的高度和进度。

## 二、目标设定

康复治疗过程中，为了提高康复治疗效率和提供更加具有针对性的服务，所有措施都应该有明确的目的，且必须是和患者合理的期望一致的。物理治疗也不例外，物理治疗目标要简明扼要，即目标明确、可量化、可实施性强、有实际意义。制订物理治疗目标时，不仅要考虑患者客观的病情和残存功能对未来独立能力的影响，还要考虑其他各种影响因素，如患者本人和家人的期望、生活环境、政治制度等。但最重要的因素还是患者本人的想法和个人毅力等。影响康复治疗预后的其他因素还包括相关用具的购置、科学技术的应用、家庭或社会的支持等，另外还有患者个体因素如年龄、性别、人体特征等。但是，对功能独立程度预后最具影响力的因素还是患者的神经功能状态，包括损伤节段和损伤程度等。脊髓损伤患者的远期目标应该以活动和社会参与为主，而不应针对身体结构和功能损伤。另外，还应该让患者明白具体目标如何实现，需要哪些帮助、所需帮助的程度、环境问题、预期康复期限等。

根据物理治疗师实践指南制订的脊髓损伤患者一般康复目标主要包括以下几个方面：

①改善气道清除功能。②改善有氧运动能力（耐力）。③保持或改善皮肤完整性。④肌肉功能提高。⑤降低继发性风险。⑥提高直立体位耐受力。⑦提高独立转移能力。⑧提高独立驱动轮椅的能力。⑨提高生活自理能力。⑩掌握并独立完成皮肤减压等。

神经功能状态影响或决定着患者的肌肉损

伤范围和肌肉功能状况。健全肌肉数量多少、肌肉力量大小和肌张力状况等都直接影响患者的主动转移和活动能力。高位颈髓损伤患者体能不足,可能无法实现任何有实际意义的功能性活动,康复目标可设定为完全依赖,具体工作就是直接指导照顾者学习日常护理工作。

脊髓损伤各关键肌群简表(表3-4,详细内容见附录A和附录B)列出了各脊髓平面主要司管的功能肌肉。正常情况下,单一脊髓节段神经所支配的肌肉有多块,但也存在不同肌肉受同一节段脊神经支配,或者同一块肌肉的不同部分受不同节段脊神经支配的情况。例如胸大肌锁骨部受C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>脊神经支配,而胸骨部却受C<sub>6</sub>~T<sub>1</sub>脊神经支配。

完全性脊髓损伤患者,尤其是损伤平面以下运动功能无保留或部分保留的患者,判断预后相对比较容易。一般情况下,预测相同脊髓平面完全性损伤患者的瘫痪程度和功能独立能力基本一致,相对也比较容易。如T<sub>12</sub>脊髓平面完全性损伤的患者下肢瘫痪,而上肢力量良好,患者可实现独立穿衣和转移能力;而C<sub>4</sub>~C<sub>8</sub>颈髓平面完全性损伤的患者功能预后却有非常大的差异,不仅残存肌肉很少,且功能预后也更加悲观。脊髓损伤患者的预后受多种因素的影响,除损伤原因、年龄、性别等因素影响外,最重要的影响因素是患者脊髓损伤的节段和损伤程度。即使相同节段损伤(ASI A分级)的患者,细微的肌力差异所带来的影响也有很大程度的变化。如C<sub>6</sub>平面损伤,伸

腕肌肌力4级患者就比相同平面损伤而伸腕肌肌力3级患者的功能水平高一些。这不仅意味着较好的伸腕肌肌力能带给患者更好的运动功能,还意味着C<sub>6</sub>平面神经根支配的其他肌肉如背阔肌、胸肌、大圆肌和肩胛下肌等也可能会更加有力。这一组肌肉力量的优势给患者带来的益处可能会更加可观,因为这些肌肉对稳定肩关节有重要的作用。

### 1. 完全性脊髓损伤患者的康复目标设定

完全性脊髓损伤,或ASI A、B级患者损伤平面以下几乎没有实际功能的肌肉表现,功能变化程度较小,判断预后相对较为容易,主要考虑的分化因素为肌张力和关节活动范围。完全性脊髓损伤患者的功能预后情况见表3-5,不同节段完全性脊髓损伤患者功能状况和工具性日常活动能力预后情况见表3-6。

(1) C<sub>1</sub>~C<sub>3</sub>损伤四肢瘫: C<sub>2</sub>及以上节段颈髓损伤患者的膈肌和其他呼吸肌完全瘫痪,需要依赖呼吸机机械通气维持身体功能。C<sub>3</sub>平面损伤患者保留部分膈肌功能,但尚不足以维持自主呼吸,临床大部分患者仍需要依赖呼吸机维持通气。C<sub>1</sub>~C<sub>3</sub>平面损伤的四肢瘫患者的上下肢和躯干肌肉完全瘫痪,只有头颈部可自主活动,日常生活和护理工作需完全依赖别人帮助。利用下颌控制的电动轮椅可以满足患者在更大区域活动的需求(图3-2)。另外,同样功能的轮椅还有头部控制技术可以选用。由于自主呼吸功能低下,故借助呼吸控制或声音控制的轮椅无法有效使用。

表 3-4 脊髓损伤上下肢关键肌简表

平面	关键肌	平面	关键肌
C <sub>5</sub>	屈肘肌(肱二头肌、肱肌)	L <sub>2</sub>	屈髋肌(髂腰肌)
C <sub>6</sub>	伸腕肌(桡侧伸腕长肌和短肌)	L <sub>3</sub>	伸膝肌(股四头肌)
C <sub>7</sub>	伸肘肌(肱三头肌)	L <sub>4</sub>	踝背伸肌(胫前肌)
C <sub>8</sub>	屈指肌(指深屈肌)	L <sub>5</sub>	伸趾肌(趾长伸肌)
T <sub>1</sub>	小指展肌	S <sub>1</sub>	踝跖屈肌(腓肠肌、比目鱼肌)



图 3-2 下颌控制电动轮椅

(2) C<sub>4</sub> 损伤四肢瘫: C<sub>4</sub> 平面损伤四肢瘫患者膈肌功能较好,可不依赖呼吸机而进行自主呼吸。患者四肢和躯干肌肉全部瘫痪,肩周部有少量肌肉残存部分主动活动能力,斜方肌肌力良好。与 C<sub>1</sub>~C<sub>3</sub> 平面颈髓损伤患者较为相似, C<sub>4</sub> 平面损伤患者的其他活动能力也明显受限,日常生活和护理工作需完全依赖别人帮助。患者可用下巴和头部控制轮椅,并且由于呼吸

功能尚可,所以呼吸控制或声音控制的电动轮椅也有条件使用。

(3) C<sub>5</sub> 损伤四肢瘫: C<sub>5</sub> 平面损伤患者躯干和下肢肌肉全部瘫痪,上肢仅存三角肌和肱二头肌肌力正常,但肩周其他肌肉无力,肱三头肌和腕手部肌肉功能丧失。患者仅能实现有条件的部分主动功能活动。如患者可双手捧住水杯靠近嘴边喝水,然后依靠重力作用把杯子放下。虽然理论上 C<sub>5</sub> 平面损伤患者可以使用特殊的技巧驱动手动轮椅,但实际操作起来却非常困难。因为除了手部抓握功能欠缺外,患者较弱的肩肘肌力也无法提供有效的前屈动力。他们可使用手控电动轮椅,但因手没有明显的握持能力,操作控制器时需被动或辅助放在经过改造的操控杠上(详见轮椅使用章节)。下颌控制或头部控制轮椅使用更为方便,且因膈肌功能基本完整,也可使用呼吸控制轮椅。

表 3-5 完全性脊髓损伤患者功能独立程度对照简表

	C <sub>1</sub> ~C <sub>3</sub> 四肢瘫	C <sub>4</sub> 四肢瘫	C <sub>5</sub> 四肢瘫	C <sub>6</sub> 四肢瘫	C <sub>7</sub> ~C <sub>8</sub> 四肢瘫	胸髓损伤 截瘫	腰骶损伤 截瘫
自主呼吸	不能	可以	可以	可以	可以	可以	可以
驱动手动轮椅	不能	不能	受限	受限	可以	可以	可以
手到口动作	不能	不能	可以	可以	可以	可以	可以
自主进食	不能	不能	受限	可以	可以	可以	可以
手部功能	不能	不能	不能	受限, 依赖肌腱	受限, 依赖肌腱	可以	可以
驾驶汽车	不能	不能	不能	可以	可以	可以	可以
翻身	不能	不能	受限	可以	可以	可以	可以
水平转移	不能	不能	受限	可以	可以	可以	可以
仰卧坐起	不能	不能	受限	可以	可以	可以	可以
地面到轮椅	不能	不能	不能	受限	受限	可以	可以
佩戴矫形器在 杠内站立	不能	不能	不能	不能	受限	可以	可以
使用矫形器或 辅助器具步行	不能	不能	不能	不能	不能	受限	可以

表 3-6 不同节段完全性脊髓损伤患者功能分析及 ADL 预期

运动水平 和关键肌	可实现的运动	功能活动	需要的设备和帮助
C <sub>1</sub> 、C <sub>2</sub> 、C <sub>3</sub> 、C <sub>4</sub>			
面部和颈部 部分肌肉受 脑神经支配， 保留完整。 吹气 膈肌（神经 支配在 C <sub>3</sub> 、 C <sub>4</sub> 、C <sub>5</sub> 平面） 为关键肌	讲话 咀嚼 吮吸 吹气 提肩胛骨	日常生活活动 能力（ADL）	依赖，也可借助环境控制单元（ECU）、脑-机接口（BCI）等
		操控电脑或电 灯开关、翻书 页、电话按键、 使用其他电气 设备或扬声器 电话	需辅助设备如声控设备、头操纵杆或嘴操纵杆，或需要全程陪护和照顾
		肠和膀胱	完全依赖，需对照护人员进行康复护理教育
		轮椅驱动和减 压	电动轮椅手动操控不能；电动轮椅控制器改造，如头控、下颌控、呼吸控制或声控等 电动控制座椅调节系统（可倾斜座椅或靠背）可能依赖；需轮椅坐垫、头和躯干支持等 便携式呼吸机（视膈肌神经支配情况而定） 轮椅姿势摆放依赖
		床上活动	依赖 可调节床、减压床垫 指导照护人员辅助技术
		转移	依赖，照护人员使用升降转运机帮助 指导照护人员转移技术
C <sub>5</sub>			
肱二头肌、 肱肌、肱桡 肌、三角肌、 冈下肌、大 小菱形肌、 小圆肌、大 圆肌	屈肘和前臂旋 后、肩外旋  肩外展、前屈 到 90°	ADL 进食 修饰、洗脸、 刷牙 洗澡和穿衣（依 赖）  操控电脑、电 灯开关、翻书、 按电话键、使 用其他电气设 备或扬声器电 话	依赖 多依赖，可借助腕手支具有限独立 可能需要部分帮助或辅助器具，但很困难 改进型叉、匙，夹板等 器具改装（如洗漱手套、改良牙刷等）  改良电脑键盘或打字棒 手夹板 / 支具 环境控制单元（ECU） 需提供照顾



续表

运动水平和关键肌	可实现的运动	功能活动	需要的设备和帮助
		直肠和膀胱 轮椅操控和减压	依赖，需要照护人员帮助 平地上手动轮椅推行需帮助 需配备防滑手轮圈或手套 鼓励配备电动轮椅 摇杆控制器，摇杆可改装 电动控制座椅调节系统（可倾斜座椅或靠背） 需要轮椅坐垫和躯干姿势支撑系统
		床上活动	翻身需帮助 可简单进行床上体位调整和减压，需减压床垫，配备床栏杆或绳环、绳梯 可语言指导照护人员提供辅助
		转移	依赖，照护人员借助升降转运机、转运滑板等器械辅助
		步行	不能
		驾驶	可独立驾驶改装控制系统的汽车，但座位需改良保证坐姿
C <sub>6</sub>			
桡侧腕伸肌、冈下肌、背阔肌、胸大肌(锁骨部)、旋前圆肌、前锯肌、小圆肌等	肩关节屈曲、伸展、内旋、内收 肩胛骨外展、前旋、上回旋 前臂旋前 伸腕	ADL 进食 修饰、洗脸、刷牙 穿衣 洗澡 家务劳动 直肠和膀胱 轮椅操控和减压	有限独立 借助万能手套、改良餐具等 改良器具、万能手套 上半身：借助辅助具可完成 下半身：多需帮助 借助辅助具可独立完成某些功能活动（如准备简餐），也可能需要帮助 多需照护人员帮助 依赖，多需照护人员帮助 平地上可独立驱动手动轮椅 社区活动需要电动轮椅 需防滑手轮圈或手套 轮椅减压可独立完成

续表

运动水平 和关键肌	可实现的运动	功能活动	需要的设备和帮助
		床上活动 转移	借助辅助器具可独立（如床栏杆、绳环 / 梯等） 借助转移板可独立转移 不等高平面转移需帮助
		步行 驾驶	不能 可独立驾驶改装控制系统的汽车，但座位需改良保证坐姿
C <sub>7</sub>			
拇长 / 短伸肌、手指伸肌、桡侧腕屈肌、肱三头肌	肘关节伸展、腕关节屈曲、手指伸展	ADL 进食  修饰、洗脸和刷牙 穿衣 洗澡 家务劳动  直肠和膀胱  轮椅操控和减压  床上活动  转移  步行  驾驶	基本独立  借助万能手套、改良餐具等  借助辅助具（如沐浴椅、握柄、纽扣钩、沐浴刷 / 带等）可实现大部分 ADL 独立，体力劳动需要帮助  借助辅助器具可独立完成，小部分依赖  手动轮椅有防滑手轮圈可实现室内和社区独立操作，上下斜坡、路边石或不平路面需帮助，鼓励使用电动轮椅 可独立完成轮椅减压  独立，可能需要辅助具（如床扶手、绳环等）  独立，不等高平面间转移需帮助  不能  可独立驾驶改装控制系统的汽车，但座位需改良保证坐姿
C <sub>8</sub>			
指外在屈肌、尺侧腕屈肌、拇长屈肌和拇短屈肌、指内在屈肌	屈指	ADL 进食 修饰、洗脸和刷牙 穿衣 洗澡 家务劳动  直肠和膀胱	独立  所有 ADL 独立，但可能需借助辅助具（如沐浴椅、加粗握柄、持物夹、改良餐具等），需轮椅无障碍环境 相比高位颈椎损伤患者，C <sub>8</sub> 损伤者手功能较好，对辅助具的依赖相对较小  借助辅助器具可独立完成

续表

运动水平和关键肌	可实现的运动	功能活动	需要的设备和帮助
		轮椅操控和减压	可借助手动轮椅独立在家庭或社区内活动 手功能基本完整，可驱动轮椅上下坡道、路边石和不平地面，鼓励使用电动轮椅 可独立完成轮椅减压活动
		床上活动	独立，偶尔需要辅助器具
		转移	独立，但不等高平面间转移可能需帮助 基本能实现从地面向轮椅上的独立转移
		步行	不能
		驾驶	可独立驾驶改装控制系统的汽车
		就业	小部分可实现再就业，但需环境改造
T <sub>1</sub> ~T <sub>12</sub>			
小指展肌、肋间肌、最长肌（骶棘肌和半棘肌）、腹肌（T <sub>7</sub> 及以下）	躯干控制好，呼吸储备充分，提重物时肩带稳定性好	ADL 进食、修饰、洗脸和刷牙、穿衣、洗澡、家务劳动等  直肠和膀胱  轮椅活动和轮椅减压  床上活动  转移  步行  驾驶  就业	独立  诸多活动可独立完成，损伤平面越低，躯干控制能力越好，患者能独立完成的活动越多，使用辅助器具的需求就越小  可独立解决（部分需使用辅助器具）  使用手动轮椅可实现室内和社区活动，可独立操控轮椅上下斜坡、路边石和不平路面，独立轮椅坐姿减压  独立  独立，部分患者可实现从地面向轮椅的转移 损伤位置越低，转移活动相对越容易  可实现室内短距离步行，但需借助辅助器具如腋拐、肘拐和下肢矫形器[RGO、ARGO、HKAFO、KAFO和（或）Walk-about等]  可独立驾驶改装控制系统的汽车  大部分可恢复就业，但需环境改造

续表

运动水平和关键肌	可实现的运动	功能活动	需要的设备和帮助
L <sub>1</sub> 、L <sub>2</sub> 、L <sub>3</sub>			
股薄肌 髂腰肌 腰方肌 股直肌 缝匠肌	髋关节屈曲 髋关节内收 膝关节伸展	ADL  步行     职业康复	完全独立  室内和社区内短距离独立步行 社区步行能耗较大，推荐使用轮椅进行远距离活动 辅助器具：腋拐或肘拐 矫形器：HKAFO、KAFO、AFO  绝大部分可恢复就业
L <sub>4</sub> 、L <sub>5</sub> 、S <sub>1</sub>			
股四头肌(L <sub>3</sub> 、L <sub>4</sub> )、胫前肌(L <sub>5</sub> )、腓绳肌(L <sub>5</sub> ~S <sub>1</sub> )、腓肠肌(S <sub>1</sub> )、臀中肌和臀大肌(L <sub>5</sub> ~S <sub>1</sub> ) 趾伸肌、胫后肌、腓骨肌、屈趾肌(L <sub>5</sub> ~S <sub>1</sub> )	屈髋 伸膝 屈膝 踝背伸 踝跖屈 足外翻 伸趾	ADL  步行     就业	完全独立  室内和社区步行独立(L <sub>4</sub> 平面损伤者远距离转移活动需使用轮椅) 辅助器具：前臂拐、手杖等 矫形器：AFO 脊髓损伤位置越低，所需的辅助器具或矫形器越少  可全部再就业

注：本表中所列关键肌大多受一个或数个神经节段的支配，部分肌肉标出主要神经支配平面

C<sub>5</sub>平面损伤患者无法实现转移、翻身、卧坐转移等粗大运动功能，绝大部分日常护理工作都需要别人帮助。他们的手能够主动触及自己的头面部，故可以利用上肢完成一些简单的任务，如借助万用袖套使用勺子进食等。借助腕手辅助器具稳定手腕的情况下，患者上肢功能一般都可有适当的表现，如患者可把点击棒粘在手上完成键盘敲击动作，或借助改装方向盘驾驶汽车等。

(4) C<sub>6</sub>损伤四肢瘫：C<sub>6</sub>平面损伤患者保留较好的伸腕功能可实现部分生活自理能力。有些患者可实现自行翻身、卧坐转移、床椅转移、穿衣、如厕、洗浴、进食、修饰、个人卫生等功能活动。更多患者仅能完成一些活动的部分过程，如穿衣和沐浴，患者对上半身的自

理活动要明显方便一些，但总体上还是有很大困难，且耗费的时间较长。虽然C<sub>6</sub>平面损伤患者屈指肌是瘫痪的，但良好的伸腕肌肌力给实现手功能提供了方便，基于合适的屈指肌腱紧张度，依靠腕背伸肌的主动控制活动可以实现粗大的抓握能力，可以抓握形状合适、质量较轻的物体。除了有策略性抓握功能外，肩关节周围神经支配良好的内收肌群可满足患者主动驱动手动轮椅的要求。患者可以用力内收肩关节，使手掌心压在手轮圈外侧，然后前屈肩肘即可前进。虽然他们有自主操控手动轮椅的能力，但由于他们握力不足、耐力较差，远距离行进或道路条件不好时仍需借助电动轮椅。部分C<sub>6</sub>平面损伤患者可独立驾驶经过改装的汽车，包括轮椅与驾驶座之间的转移、把轮椅



拆开移上汽车、掌控方向盘、手动操控刹车和油门等都可以独立完成。汽车改装包括方向盘、刹车和油门控制系统等。

(5) C<sub>7</sub> 平面损伤四肢瘫: C<sub>7</sub> 平面损伤患者保留较好的肱三头肌、伸腕肌和部分屈指肌神经支配,也因此较 C<sub>6</sub> 平面损伤患者有更高水平的独立活动能力,一般可实现部分功能自理。完整的肱三头肌功能对患者的影响很大。肱三头肌对支撑自身体重、实现床上独立转移功能有重要的作用,尤其是在 C<sub>7</sub> 脊髓节段支配的其他一些肩带肌的帮助下,大部分的转移活动都可以实现。另外,良好的肱三头肌功能可帮助患者把物品举过头顶,这样就能实现更大范围的功能独立了,如梳头、洗头、穿套头衫等。C<sub>7</sub> 平面损伤患者仅有少量屈指神经支配残留,屈指肌和拇指屈肌等部分或全部麻痹,尽管手指伸肌肌力较好,但还是需依赖腱式抓握来实现手部功能。C<sub>7</sub> 平面损伤患者驾驶汽车的能力也会更好一点,汽车改装基本同上。

(6) C<sub>8</sub> 平面损伤四肢瘫: C<sub>8</sub> 平面损伤患者保留拇指和其余各手指屈肌活动能力,手部有良好的主动抓握和释放功能,上肢力量良好,因此可实现大部分生活自理能力。C<sub>8</sub> 损伤患者的手部抓握功能明显优于腱式抓握,握力要强很多。再加上有更强健有力的肩带周围肌肉力量,他们可恢复更大程度的独立生活能力。患者自主驱动手动轮椅的能力除了受体能和坐位平衡能力的影响外,其余基本和胸腰段脊髓损伤患者差不多。C<sub>8</sub> 及以下脊髓平面损伤患者驾驶汽车的能力更好,可以不对方向盘做改装或加装,但需改装刹车和油门控制系统。

(7) T<sub>1</sub> 平面损伤四肢瘫: T<sub>1</sub> 平面损伤患者的手功能基本正常,但手部固有肌、蚓状肌和小指展肌麻痹,影响部分手功能,手抓握能力稍差。患者驱动手动轮椅和驾驶汽车的能力基本同 C<sub>8</sub> 损伤患者。T<sub>1</sub> 平面损伤患者躯干和下

肢肌肉广泛瘫痪,因此他们很难维持良好的独立坐位平衡和坐姿,坐位活动也会明显受影响。

(8) 胸段脊髓损伤: 胸段脊髓损伤患者上肢功能正常,躯干肌肉瘫痪程度各异,下肢完全瘫痪。这些脊髓节段损伤的患者基本可实现生活自理。下胸段脊髓患者可以借助截瘫矫形器和助行器具实现短距离步行,可满足室内步行和转移的需要,但从长期来看胸段脊髓损伤的患者还应以轮椅为主要转移工具。高位胸髓损伤患者躯干肌瘫痪范围大,肌力缺失明显,患者独立坐位平衡和姿势,以及复杂的独立转移能力会受到较大的影响,日常护理工作中应该做好预防工作,以免由此带来更多的负面影响,其中最为迫切的是针对脊柱侧凸的预防工作。大部分患者轮椅操控和汽车驾驶能力没有明显受限。

(9) 腰骶髓损伤: 腰骶段椎体外伤或其他疾病可能引起腰和骶髓损伤、脊髓圆锥损伤,还有可能引起马尾神经损伤。这一范围的脊髓损伤所引起的下肢瘫痪程度不等,并且还会引起二便功能严重障碍。大部分腰骶平面完全性脊髓损伤或马尾神经损伤患者可实现步行功能,但一般都需要借助支具和助行器具,部分患者甚至可以实现社区步行能力。二便控制能力较好的患者可回归工作岗位,但仍需借助轮椅以便于大范围空间转移。驾驶改装后的汽车一般没有问题。

**2. 不完全性脊髓损伤康复目标设定** 对完全性脊髓损伤患者来说,早期收集的临床资料基本可以满足治疗师对预后进行判断的信息需求,但也只是大致判断。随着病情发展,还需要根据患者的生活环境和受累肌肉出现的肌张力状况等情况再予以修改,这些工作相对较为简单一些。而对不完全性脊髓损伤患者来说,如损伤平面以下有部分保留或 AIS C 级或 D 级的患者,他们神经损伤的情况差异迥然,即使

同一节段损伤，肌肉受累范围和受累程度都会有显著差异；并且影响后期脊髓神经恢复的因素很多，再加上受累肌肉的张力变化状况更是无法判断。因此，在损伤早期不管是对神经功能恢复的预测，还是对未来运动功能的预测都有很大难度。损伤节段愈高，对功能预后的判断也愈加困难。虽然工作经验丰富的物理治疗师能对远期目标有良好的把握，但往往也要在后期根据实际状况进行修改或做好特殊问题的预防工作。

**3. 步行功能恢复预期** 步行功能恢复无疑是脊髓损伤患者最为期待的目标之一。完全性脊髓损伤患者（AIS A 级）基本无法恢复独立步行功能所需的下肢力量，而不完全性脊髓损伤患者（AIS B、C、D 级）步行功能恢复的预后非常复杂。AIS B 级的脊髓损伤患者所保留的针刺觉是步行功能恢复的重要预后指标。大部分 AIS C 级和 D 级 T<sub>6</sub> 以下平面损伤的患者能够恢复一定程度的步行能力。对于不完全性运动功能损伤的患者来说，AIS 下肢运动功能评分，尤其是股四头肌肌力是判断患者恢复功能性步行能力的重要预后指标。

近年来，很多脊髓损伤研究领域的学者一直致力于总结影响患者步行能力的因素和规律。2011 年欧洲多家脊髓损伤中心共同研究并总结了一些脊髓损伤患者步行功能临床预期的判断规律。患者年龄、股四头肌和腓肠肌的运动功能评分、L<sub>3</sub> 和 S<sub>1</sub> 水平的轻触觉评分等作为哪些患者能够实现室内步行、哪些患者需要辅助、哪些患者无法实现步行的准确判断依据，据称这一规律的准确性可达 96%。但不管怎样，这些潜在的影响因素也仅能作为预后判断的辅助依据，其他很多因素同样需要谨慎的考虑，如心理和家庭支持、经济情况、患者的心理状态、主动性等都是影响预后的重要因素。此外，随着科技的进步，越来越多的科技成果

或者可能会促进神经功能恢复，或者可以为患者更高的功能预期提供条件。

### 第三节 鉴别关键问题

脊髓损伤患者康复治疗后，最终用来考量康复疗效的主要指标和依据是患者运动功能障碍和参与受限程度。因此，在康复治疗过程中需准确找到影响目标实现的每一个妨碍因素。脊髓损伤在不同的平面，患者丧失的运动功能也有明显不同。但对于人体而言，某些肌肉对维持特定的功能活动有非常重要的意义，如果该肌肉瘫痪，则由该肌肉司管的运动功能不足会影响到其他一系列的运动功能障碍。对于这些关键的脊髓平面以及所支配的肌肉，我们一定要重点把握，并予以仔细检查和重点治疗，只有这样才能收到更加满意的康复疗效。这些关键的脊髓节段包括 C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 等，关键的肌肉包括腕伸肌、肱三头肌、屈髋肌、股四头肌、腓绳肌等。腕伸肌、肱三头肌、屈髋肌和股四头肌肌力不足会明显影响相关的运动功能，也会明显影响患者参与各种活动。腓绳肌张力过高（被动伸展能力不足）对部分患者来说是一种负面影响因素，尤其是高位脊髓损伤患者，这会影响他们维持坐位尤其是长腿坐位的实现。但这不是对所有人都有害，对腰段脊髓损伤患者而言，良好的下腰部肌肉力量对维持坐位姿势和平衡有很好的作用。这些患者受腓绳肌高张状态影响相对较小，因此临床上也无需特殊处理。相反，腓绳肌过度的松弛对高位脊髓损伤患者维持良好坐姿或坐位平衡不利，此时就应该促进该肌的挛缩或紧张度。同样的情况在手部屈指肌也有充分的体现。总之，在对类似问题进行分析时，应仔细鉴别和判断相关脊髓节段的神经功能状态、关键肌的肌力和紧张度。一般情况下，对这些肌肉被动伸展

能力的促进或降低都需要做良好的评估，除非我们确定其紧张状态或松弛程度已经影响了患者的活动参与，否则，我们无需改善或抑制其柔韧性。

辨别清楚导致活动参与受限的具体原因非常重要。临床工作中可以把每项功能活动进一步分解为很多工作步骤，如 C<sub>6</sub> 颈髓平面损伤四肢瘫患者从轮椅前转移到床面的动作，我们可以分解为：①把双腿置于床面上；②轮椅向前靠近床边；③从轮椅座面向前移坐到床面上；④调整身体姿势和位置。在这些过程中，任何可能影响这些动作完成和实施的原因或不足都应该予以明确，以便在康复治疗过程中进行针对性治疗。

对功能活动动作的分析必须符合患者的实际生活需求、患者主观意愿和实际损伤情况。在促进脊髓损伤患者实现步行功能改善的工作中，首先要征求患者对步行功能的渴望程度和基本要求，其次是对肢体功能的具体损伤情况进行分析。股四头肌失神经控制的患者很难实现正常的行走步态，步态分析只能朝着最佳预期方向进行，而不能完全按照正常人的步行运动学和动力学进行分析。这一原则适用于所有功能动作的分析。因此，这也给物理治疗师提出了一个较高的要求，那就是需要熟悉不同神经损害程度患者的各种不同运动模式，并清楚何种解决方案是符合临床需要和贴近患者期望的。

从各种临床问题中找出与患者期望和总体康复目标最为相关的影响因素对指导康复治疗有重要的意义，因为这些问题才是物理治疗最应该予以尽快解决的，这些问题的解决能够为患者带来现实的好处。例如，完全性颈髓损伤患者下肢活动障碍和从地面向轮椅的转移并没有密切的关系，甚至对这种高位脊髓损伤患者来说，两者之间没有什么直接的关系，因为

颈髓损伤患者重新坐上轮椅应主要依赖上肢力量。另外，对完全性颈髓损伤患者的下肢力量进行训练本身就是滑稽的徒劳行为。所以，针对患者下肢主动功能采取类似的工作都是毫无意义的，对整体康复工作推进没有任何积极作用。而对关系更为直接的薄弱的上肢力量进行训练才是当前最为重要的工作，这对患者实现轮椅转移等实际功能有最为实际的意义。经过这样与实际功能活动更加贴近的分析后，再制订康复治疗计划才是正确的思路。

## 第四节 康复治疗方案的修订

制订康复治疗计划和方案不仅需要了解患者的基本情况，还要对患者各大系统的问题进行分析和判断，并对某些关键问题带来的继发性影响进行评估。影响患者活动参与能力的问题是最受物理治疗师关注的对象，这些问题也是 ICF 健康服务体系中神经肌肉骨骼系统和运动功能领域最常见的。因此，物理治疗师制订康复治疗方案时应重点考虑这些方面，以确保治疗目标更加明确、更加有实际意义。临床常见的可能影响患者活动能力和参与能力的几个主要问题如下：

1. 呼吸功能障碍。
2. 泌尿系统功能障碍。
3. 关节活动度受限。
4. 肌肉力量下降。
5. 运动技巧不足。
6. 疼痛。
7. 心血管功能受限。

这些问题在很大程度上会影响患者的运动功能，患者的转移、步行、轮椅操控、日常生活、娱乐、学习、工作等。因此，应对这些问题进行针对性分析，并重新审视既定康复治疗方案是否有对这些问题产生负面影响之处，或



者是否存在遗漏。如果有这样的问题，就要对方案进行修改，以确保康复治疗计划的完整性和正确性。

## 第五节 康复疗效评估

康复疗效评估是物理治疗整体工作的重要组成部分，是对之前的工作取得效果的检验、分析和判断。通过各种疗效评估（Evaluation of Curative Effect）手段对康复疗效进行评估，检验康复治疗计划和措施的有效性，从而来判断是否继续前面的治疗计划，是否要对之前的康复治疗计划进行暂停或者修改，甚至通过之前所取得的疗效对患者的预后进行再判断。临床工作中，物理治疗一定要紧扣初期康复目标，康复疗效才能明确予以体现，尤其是针对患者活动和参与受限等问题的处理。表 3-3 中所列的很多评估量表都可以用来评估患者情况，也可以前后对照，对康复疗效进行评估。另外，对患者来说，最直接的判断方法就是根据前期所设定目标实现的程度来评估康复疗效，加拿大作业表现自评量表有助于自我功能情况和期望评估。在实际工作中，对基础问题的分析和评估应该是为功能服务并从功能改善角度来体现的，如果后期不对功能改善情况进行评估，对基础问题的评估分析再精确都没有意义，即便是康复训练在数据上取得了一些成绩。这样的情况还是比较常见的，C<sub>6</sub> 平面损伤患者较差的转移能力部分是因为肩内收肌群力量不足，在有效提高该肌群肌力后，其转移能力应该有所改善。如果仅仅检查出内收肌肌力有改善，而不评估患者的实际转移能力，这样的工作就会因为不完整而大打折扣。

这也正如临床使用的越来越精密的检查工具对患者康复疗效进行评估的作用一样，虽然这些精密仪器能提供微小的数据差异，但往往

对临床功能训练却没有太大的指导意义。三维立体分析能提供患者步行时摆动相末期踝关节角速度的详细数据信息，支撑相下肢膝关节的位置信息。这些信息有些是我们认为比较重要的，但也是相对而言的。例如支撑相膝关节的角度，如果患者是 T<sub>12</sub>、AIS D 级损伤，就要求有良好的角度控制能力；如果患者是 L<sub>3</sub>、AIS A 级损伤，即使有轻度的膝过伸也是可以接受的。再者，在实际工作中我们基本无需对踝关节活动的角速度进行数据分析，往往通过患者的步态表现即可判断踝关节的屈伸能力和屈伸时相。这些运动能力能够维持步行时的安全性、稳定性和动作灵活性就足够了。但临床并非完全不依赖这些精密检查仪器，尤其是在数据统计以及患者潜在问题的分析上，详尽的数据采集还是必要的。

康复疗效评估不仅是对前期工作的检查和检验，还应是对后面的康复治疗方案提供更具针对性的指导意见。一般情况下，如果前期工作取得了满意的效果，则需继续该方案或者根据目前的状况设定下一步康复计划；如果与前期所定目标差距太大，则需重新审视患者主动性、临床问题、康复策略和治疗技术等方面的问题。

物理治疗师是多学科治疗小组的重要成员，康复治疗能否获得成功取决于小组所有成员的共同努力。协作小组成员包括临床医生、物理治疗师、作业治疗师、护士、社会工作者、照护者、家属成员，甚至单位相关人员等。合作康复医疗模式是提供院内优质康复服务的重要保障，在这一保障下，患者才能获得顺利的康复进程。另外，患者接受康复后的家庭生活、社会融合、职业回归等还受家庭环境、人文环境、政治环境 and 经济水平的影响。患者家庭居所环境、家人支持理解和经济状况等直接影响患者出院后的功能和健康状况。一般来说，住

院期间若能大幅改善患者的生活自理水平，患者的心理状态越好，这些因素的负面影响作用就越小。否则，即使住院康复期间获得较高的生活独立水平改善，如果患者出院后因自身心理状态和社会支持等诸多负面的影响太大，他们在不同层次的活动参与和未来健康状况都不容乐观，包括物理治疗的所有努力和成绩也会受到削弱和影响。因此，患者是否能够成功康复有赖于小组每位成员的密切合作。只有大家都提供良好的人文、心理和经济支持，才能保证康复治疗顺利地贯彻下去。日常工作中，临床医生、物理治疗师、作业治疗师、护理人员（照顾者）等每天都参与患者的康复医疗工作，患者在物理治疗中学会的新技能或者获得的某

种能力都需在日常生活中适当地加以练习并坚持应用，以巩固物理治疗的成果。作业治疗师和护理人员可以指导和监督患者的执行情况，照护人员在患者的转移、进食、如厕、穿衣等日常生活中按照物理治疗师的要求和指导对患者进行照护，这些活动都要在保证患者安全的前提下尽量引导患者主动执行。这些工作要在治疗协作小组集体讨论后执行，大家统一认识，一致行动，共同朝着一个目标努力，患者就会获得较好的康复疗效，而不会出现因目标错乱或矛盾而感到困惑和灰心的情况。因此，康复协作小组密切协作，目标统一的分工合作机制更加有助于患者的康复。

（许光旭）



# 第四章

## 四肢瘫患者的呼吸功能训练

### 第一节 概 述

呼吸系统（Pulmonary System）并发症是脊髓损伤患者最常见的严重并发症之一，也是导致脊髓损伤患者死亡的第二大原因，尤其是高位脊髓损伤患者因呼吸系统并发症死亡的比例一直都居高不下。脊髓损伤患者常见的并发症有肺换气不足、肺不张、分泌物潴留和肺炎，这些并发症会影响患者的肺通气和肺血流灌注，进而形成低氧血症。如不及时治疗，会造成患者呼吸衰竭，甚至死亡。高位脊髓损伤的四肢瘫患者更易患呼吸系统疾病，这也是导致他们入院频率高、住院时间长、医疗费用高、死亡率高等问题的主要原因。因此对脊髓损伤患者的呼吸功能进行密切地管理，改善和促进患者呼吸和咳嗽功能，对预防呼吸系统并发症、改善患者生活质量、提高患者自理能力、减轻经济压力等都有重要意义。

#### 一、呼吸生理

**1. 呼吸解剖和呼吸运动** 呼吸的目的是为生命活动提供能量、为体内生化合成提供原料，呼吸不仅是维持生命的基础，更是决定运动质量的条件。脊髓损伤患者在损伤后的不同时期可能会出现不同的呼吸障碍，这不仅限制其运动水平、影响康复训练效果，甚至会引发呼吸系统并发症、威胁预后，因此肺康复训练的意义不言而喻。要进行合理、有针对性的肺康复

训练，首先需要了解呼吸生理相关知识。

呼吸是机体与外界环境之间气体交换的过程，呼吸过程包括三个重要的环节：肺通气、肺换气和组织换气，前二者为**外呼吸（External Respiration）**，后者为**内呼吸（Internal Respiration）**。呼吸分直接动力和原动力，直接动力是大气与肺泡间的压力差，原动力是**呼吸运动（Respiratory Movement）**，即呼吸肌的收缩带动肺扩张式收缩。人体呼吸功能主要依赖各呼吸肌的功能水平。对呼吸功能影响最为明显的肌肉，主要有膈肌、肋间内肌、肋间外肌、腹肌等，另外还有可以起到辅助呼吸功能的胸锁乳突肌、斜角肌、三角肌、胸大肌、胸小肌、颈背部肌肉等（表 4-1）。一般来说，在平静呼吸状态下，吸气过程为主动过程，而呼气过程为胸廓弹性回缩所致的被动过程。只有用力吸气和用力呼气时才有更多的肌肉参与其中，这时，吸气和呼气过程都是主动过程。吸气时，以膈肌和肋间外肌为主的吸气肌收缩，使胸廓向下、向前和向上扩张。呼气时，膈肌和肋间外肌舒张，胸廓缩小。用力呼气时，肋间内肌、腹肌等用力收缩，可促使胸廓进一步回缩而更快更多地排出肺内气体（图 4-1）。

呼吸运动包括呼气过程和吸气过程两部分。吸气过程主要是由膈肌和肋间外肌提供动力。膈肌形似穹隆，将胸腔和腹腔分开。膈肌起点分为三部分：胸骨部起源于剑突后面；肋部起自下位 6 对肋骨和肋软骨；腰部起源于上

表 4-1 参与呼吸的肌肉

	吸气肌	呼气肌
安静呼吸	膈肌	胸廓弹性收缩
	肋间外肌	肺弹性收缩
	肋间内肌前部（协同、较少）	肋间内肌（较少）
用力呼吸	斜方肌（上束主要）	肋间内肌中后部
	胸锁乳突肌、斜角肌	腹直肌
	三角肌	腹内外斜肌（协同）
	胸大肌	腹横肌（协同）
	胸小肌	
	腰方肌	
	肋提肌	
	肩胛提肌	

位腰椎椎体和横突。正常情况下，在用力吸气时膈肌收缩，膈穹隆下降（图 4-2），胸腔垂直径增加。同时胸锁乳突肌、斜角肌等肌肉收缩会使胸骨和第一肋骨上抬，肋间外肌的收缩可顺次向上提拉下位肋骨，肋骨向前上方运动，这就会导致胸腔垂直径增加的同时，前后径也增加。以上两个因素共同作用，使得胸廓进一步扩张，胸腔内压进一步降低，此时若打开气

道，空气就会迅速进入肺内，完成吸气过程。在这个过程中，有几个重要的肌群发挥了重要的作用。首先，膈肌收缩向下是促使肺部扩张最直接的动力源；其次胸锁乳突肌、斜角肌等收缩使胸骨和第一肋骨向上运动，下位的肋骨在肋间外肌的作用下顺次上抬进一步扩张胸廓，这是促使肺部扩张的又一因素。胸廓扩张运动的基础是建立在脊柱尤其是颈椎结构稳定

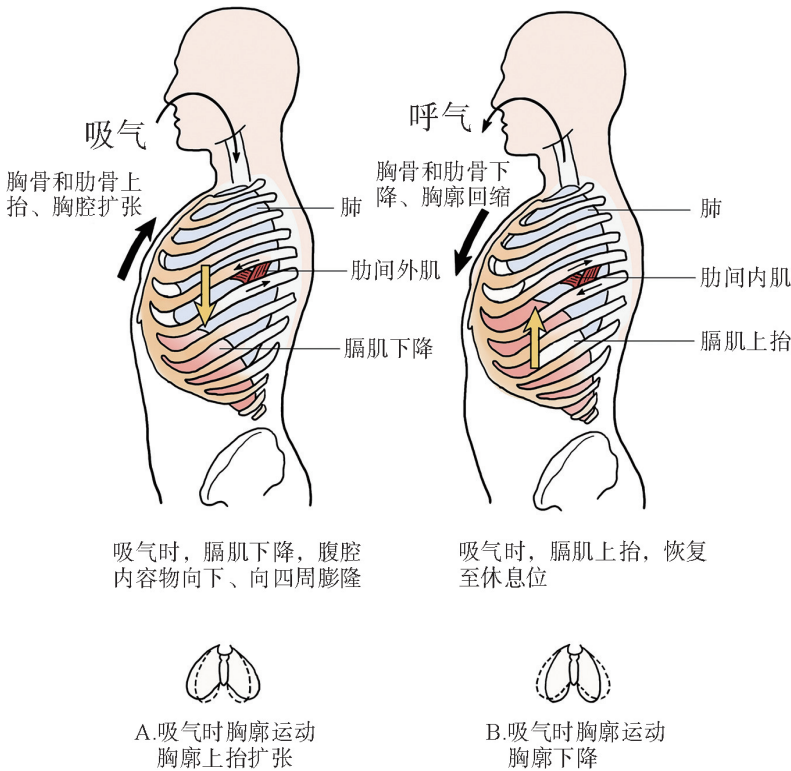


图 4-1 呼吸过程中的胸廓运动

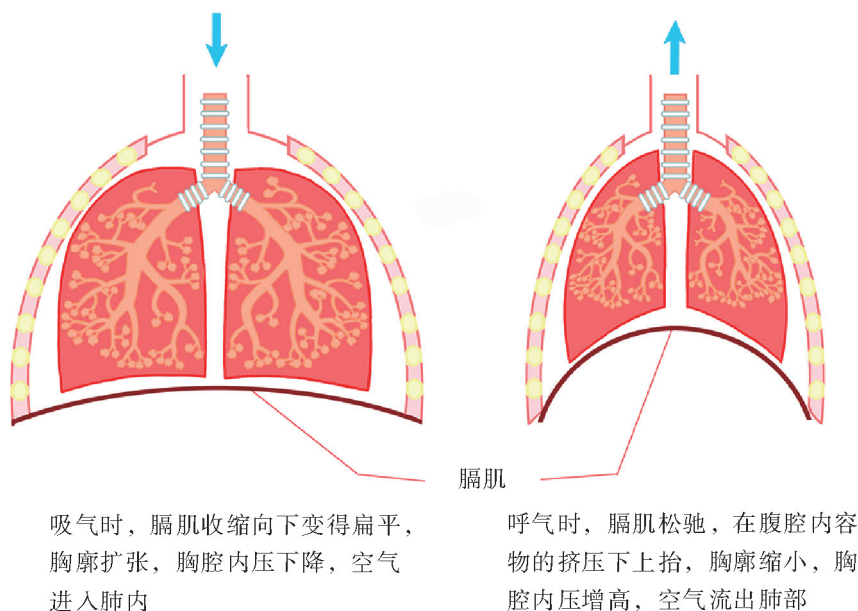


图 4-2 膈肌运动

的基础上。也就是说，头颈在直立体位下才有助于胸骨和肋骨的上抬。所以，颈后和背后的肌肉只有维持较好的躯干姿势，才能为顺利完成吸气动作提供帮助。

在人体呼吸过程中，肋骨的活动对呼吸功能的影响较大。肋间外肌起自上位肋骨下缘，止于下位肋骨上缘，肌纤维向前下内方走行，受肋间神经支配。在呼吸运动中，肋骨的运动受肋间肌的影响较大。平静吸气时，肋骨受肋间外肌收缩影响而向外上抬起；而在呼气时，肋骨受肋间外肌的松弛和肋间内肌的收缩而下

降。整个呼吸过程胸腔的运动主要体现为胸骨和肋骨的运动，其中胸骨连接两侧的肋骨，所以胸骨可以看作是一个关键部位。胸骨的运动在吸气时有轻度上抬，并向外上轻度反转，就像压水泵的把手一样（图 4-3A）。而肋骨连接于后方的胸椎和前方的胸骨上，后方作为关节基本稳定；前方与胸骨相连，因此会随着胸骨的运动而运动。但胸骨两侧还因受到肋间外肌和肋间内肌的作用而出现轻度的上下运动，就像水桶的提把一样（图 4-3B），在吸气时向外上方抬起，而呼气时就向内下方降落。

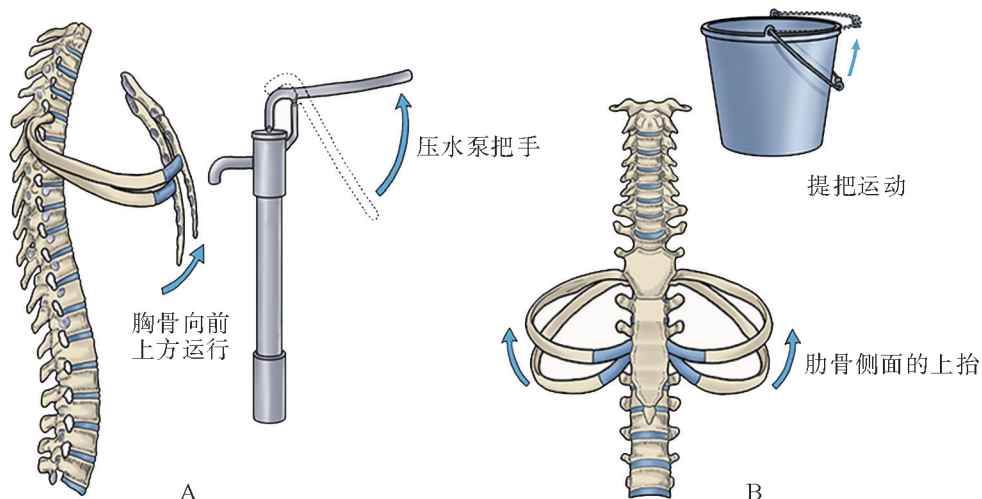


图 4-3 胸骨和肋骨在吸气动作中的运动模型

正常情况下,在平静呼吸过程中,吸气是以膈肌为主的吸气肌收缩引起的主动运动,而呼气是肺和胸廓的弹性回缩力引起的被动运动。另外,在用力吸气和呼气过程中,还有辅助呼吸肌的参与。在平静呼吸过程中,一吸一呼进出肺的气体量为潮气量。潮气量的产生40%依赖膈肌,60%依赖肋间外肌。肺活量则是用力吸气后再用力呼气排出肺的气体量,60%~75%依赖膈肌。在用力吸气时,胸锁乳突肌、斜角肌和肋间外肌等辅助吸气肌起到提升和固定肋骨、扩大胸廓、促进吸气的作。在用力呼气过程中,腹肌、肋间内肌等用力收缩,起到降肋、缩小胸廓、促进呼气的作用。如果在平静呼吸时这些肌肉参与工作,则说明患者存在呼吸障碍。

正常人腹肌的姿势性张力在平静呼气过程中对支持腹腔内容物起到了重要作用,该支持作用有助于使腹腔内容物将渐渐舒张的膈肌推回静息位。只有在用力呼气、最大呼气、咳嗽或打喷嚏时腹肌等呼气肌才会主动收缩,有时还会同时配合躯干姿势肌肉的运动使肺内气体能更快、更多地排出肺部。如在咳嗽过程中,在一次快速的吸气动作后,膈肌放松,腹肌迅速收缩将膈肌进一步向胸腔上部推送,肋间内肌收缩降低肋骨,同时躯干伸肌适度放松,躯干和头颈进一步屈曲以配合腹肌和肋间内肌进一步缩小胸廓、增加胸腔压力,才能更多、更快地把气体排出,完成咳嗽动作。虽然躯体姿势改变对正常人平静呼吸没有太大影响,但这些需要用力呼气或咳嗽动作的影响还是不能忽视的,尤其是对脊髓损伤患者,应该仔细分析体位和受累肌群的功能状况。

**2. 肺功能评价指标** 呼吸功能检查可对脊髓损伤患者呼吸生理功能的基本状况做出准确的评价,明确呼吸功能障碍的程度和类型,指导康复并评价疗效。肺通气功能检查是呼吸功

能检查的基本项目。肺通气过程受呼吸肌的收缩活动、肺和胸廓的弹性特征以及气道阻力等多种因素的影响。对患者肺通气功能进行测定不仅可明确是否存在肺通气功能障碍及其障碍程度,还能鉴别肺通气功能降低的类型。

(1) 肺总量:肺所能容纳的最大气体量称为**肺总量 (Total Lung Capacity, TLC)**。肺总量等于肺活量与余气量之和,其大小因性别、年龄、身材、运动锻炼情况和体位改变而异。成年男性平均约5000mL,女性约3500mL。

(2) 潮气量:平静呼吸时吸入或呼出的气体量称为**潮气量 (Tidal Volume, TV)**。正常成年人平静呼吸时的潮气量为400~600mL,平均约500mL。运动时,潮气量增大,最大可达肺活量大小。潮气量的大小决定于呼吸肌收缩的强度、胸廓和肺的机械特性以及机体的代谢水平。

(3) 补吸气量或吸气储备量:平静吸气末,再尽力吸气所能吸入的气体量称为**补吸气量 (Inspiratory Reserve Volume, IRV)**。正常成年人的补吸气量为1500~2000mL。补吸气量反映吸气的储备量。

(4) 补呼气量或呼气储备量:平静呼气末,再尽力呼气所能呼出的气体量称为**补呼气量 (Expiratory Reserve Volume, ERV)**。正常成年人的补呼气量为900~1200mL。补呼气量反映呼气的储备量。

(5) 残气量:最大呼气末尚存留于肺内不能呼出的气体量称为**残气量 (Residual Volume, RV)**。正常成年人的残气量为1000~1500mL。残气量的存在可避免肺泡在低肺容积条件下的塌陷。若肺泡塌陷,则需要极大的跨肺压才能实现肺泡的再扩张。

(6) 深吸气量:从平静呼气末做最大吸气时所能吸入的气体量为**深吸气量 (Inspiratory Capacity, IC)**。它是潮气量与补吸气量之和,



是衡量最大通气潜力的一个重要指标。胸廓、胸膜、肺组织和呼吸肌等发生病变，均可使深吸气量减少而最大通气潜力降低。

(7) 功能残气量：平静呼气末尚存留于肺内的气体量称为**功能残气量 (Functional Residual Capacity, FRC)**。功能残气量等于残气量与补呼气量之和，正常成年人约 2500mL。功能残气量的生理意义是缓冲呼吸过程中肺泡气氧分压 ( $PO_2$ ) 和二氧化碳分压 ( $PCO_2$ ) 的变化幅度，使其波动范围缩小，减小通气间歇期对肺泡内气体交换的影响，有利于肺换气。另外，功能残气的保留还可避免呼气末期肺泡塌陷。

(8) 肺活量、用力肺活量和用力呼气量：尽力吸气后，从肺内所能呼出的最大气体量称为**肺活量 (Vital Capacity, VC)**。肺活量是潮气量、补吸气量与补呼气量之和。肺活量有较大的个体差异，与身材大小、性别、年龄、体位、呼吸肌强弱等有关，正常成年男性平均约为 3500mL，女性约为 2500mL。肺活量测定方法简单、重复性好，可反映一次通气的最大能力，是肺功能测定的常用指标。但肺活量不能充分反映肺组织的弹性状态和气道通畅程度等变化，即不能充分反映肺通气功能的状况。用力肺活量 (FVC) 和用力呼气量能更好地反映肺通气功能。

(9) 1s 用力呼气容积：最大深吸气后做最大呼气，最大呼气第 1 秒呼出的气量的容积为**1s 用力呼气容积 (Forced Expiratory Volume in 1 second, FEV1)**。为排除肺容积差异的影响，通常以 FEV1 所占用力肺活量的百分数表示，这是一种评价气道阻塞情况的指标。正常时，FEV1/FVC 约为 80%，轻度 < 80% 预计值；中度 < 70% 预计值；中度严重 < 60% 预计值；严重 < 50% 预计值。

(10) 最大呼气流速：**最大呼气流速 (Maximum Expiratory Flow, MEF)** 是指最大

吸气后随即呼气时的最大气体流速，最大气体流速直接决定咳嗽峰值流速。

(11) 最大呼气流速 - 容积曲线：尽力吸气后，再尽力快速呼气，同步记录并绘制最大呼气流速随肺内气体容积变化而变化的关系曲线，即**最大呼气流速 - 容积曲线 (Maximum Expiratory Flow Volume, MEFV)**。MEFV 曲线的升支较陡，在肺容积较大时，呼气流速随呼气肌用力程度的增加而加大，曲线很快达到峰值。MEFV 曲线的降支下降缓慢，表示呼气过程中不同肺容积时的最大呼气流速。

(12) 咳嗽峰值流速：**咳嗽峰值流速 (Cough Peak Expiratory Flow, CPEF)** 是指一次深吸气后咳嗽造成的最大气流速度。正常情况下，咳嗽峰值流速比最大呼气流速要高，流速 < 270L/min 时应给予咳嗽辅助治疗。

(13) 最大吸气压：**最大吸气压 (Maximum Inspiratory Pressure, MIP)** 是评定全部吸气肌综合吸气力量的指标。即在功能残气量位，气流阻断状态下，用最大努力吸气能产生的最大吸气口腔压。MIP 值 < -5.88kPa (-60cmH<sub>2</sub>O) 可排除呼吸肌无力引起的呼吸困难。当 MIP < 正常预计值的 30%，易出现呼吸衰竭。对于人工通气患者，MIP 值 < -2.94kPa (-30cmH<sub>2</sub>O) 脱机容易成功，MIP 值 > -1.96kPa (-20cmH<sub>2</sub>O) 多数脱机失败。

(14) 最大呼气压：**最大呼气压 (Maximum Expiratory Pressure, MEP)** 是评定全部呼气肌的综合呼气力量的指标。即在肺总量 (TLC) 位，气管阻断条件下，用最大努力呼气能产生的最大口腔压。通常在男性 MEP > 9.81kPa (100cmH<sub>2</sub>O)，女性 MEP > 7.85kPa (80cmH<sub>2</sub>O)，即表示在正常范围，再高亦无更多的临床意义。

## 二、脊髓损伤患者的呼吸功能分级

脊髓损伤患者的呼吸功能情况与脊髓损伤平面密切相关。虽然腰骶段脊髓损伤会伤及盆底

肌而影响呼吸功能，但总体上几乎可以忽略不计。 $T_{12}$  及以上脊髓平面损伤对相关呼吸肌或辅助呼吸肌均有不同程度的影响，患者的呼吸功能会出现下降，尤其是颈髓损伤，会累及更多重要的呼吸肌而导致呼吸功能严重下降。人体主要呼吸肌及对应的脊髓神经支配平面见表 4-2。

表 4-2 呼吸关键肌与神经支配平面的对应关系

神经支配平面	呼吸关键肌
副神经	胸锁乳突肌
$C_3 \sim C_5$	膈肌
$C_3 \sim C_8$	斜角肌
$C_5 \sim C_{11}$	胸肌
$T_1 \sim T_{11}$	肋间肌
$T_7 \sim L_1$	腹直肌

注：相关肌肉具体支配脊髓平面详见附录一

在讨论呼吸功能评估和治疗技术之前，我们还要了解一下脊髓损伤患者呼吸系统结构和功能的情况，以及呼吸机制的变化。美国 Rancho Los Amigos 医院根据患者脊髓损伤平面和呼吸肌的功能状况把患者呼吸功能大致分为 I ~ VI 级（表 4-3）；其中物理治疗主要针对

II ~ V 级患者，I 级患者因没有呼吸肌可有效参与并满足自身气体代谢的需求，所以主要依赖呼吸机。VI 级患者的呼吸肌几乎不受累，即使有一定的影响，也可能只是盆底肌受累而带来的轻度肺活量下降，对气体交换功能的影响较小。

从表 4-3 可以看出，膈肌作为主要的呼吸肌在人体自主呼吸过程中起着重要的作用。膈肌受  $C_3 \sim C_5$  脊神经支配，功能受颈髓神经损伤影响严重。一般情况下， $C_5$  及以上脊髓损伤患者的呼吸功能都会出现明显下降。另外，患者呼吸功能除了受膈肌功能影响外，还受到其他辅助呼吸肌如肋间肌、腹直肌等肌肉的明显影响。所以，要深入了解四肢瘫或高位截瘫患者的呼吸功能首先需要掌握呼吸系统的正常呼吸机制和呼吸肌功能。颈髓损伤和高位胸髓损伤患者的呼吸功能都会受到脊髓神经损伤的影响，在康复治疗的过程中应该予以高度重视。高位脊髓损伤患者的呼吸肌大多都会受到明显的影响，呼吸肌肌力会明显减弱或消失，这会带来一系列负面的连锁效应（图 4-4）。常见的颈髓和胸髓损伤患者的呼吸功能情况如下：

表 4-3 呼吸功能分级量表

等级	脊髓损伤平面 (AIS)	吸气肌			呼气肌
		膈肌	肋间肌	颈部肌肉	腹直肌
I	$C_2$	0	0	0	0
II	$C_4$	+/-	0	+	0
III	$C_6$	+	0	+	0
IV	$T_4$	+	+/-	+	0
V	$T_{10}$	+	+	+	+/-
VI	$T_{12}$	+	+	+	+

注：关键肌：0：缺失 -：减弱 +：正常

$C_1$  神经平面和  $C_2$  神经平面损伤： $C_1$ 、 $C_2$  神经平面受损，患者的膈肌、肋间内肌、肋间外肌和腹肌全部瘫痪，因此需要呼吸机的全天候支持。但副神经支配的胸锁乳突肌对主动呼吸还是有一定的帮助的，但作用甚微。

$C_3$  神经平面损伤： $C_3$  神经平面损伤患者的膈肌严重受累，仅残余很小的作用。颈部肌肉虽然有较多残留，如胸锁乳突肌、斜角肌等，它们也能为呼吸功能提供一定的帮助，但由于最主要的吸气肌受损明显，这些辅助吸气肌根

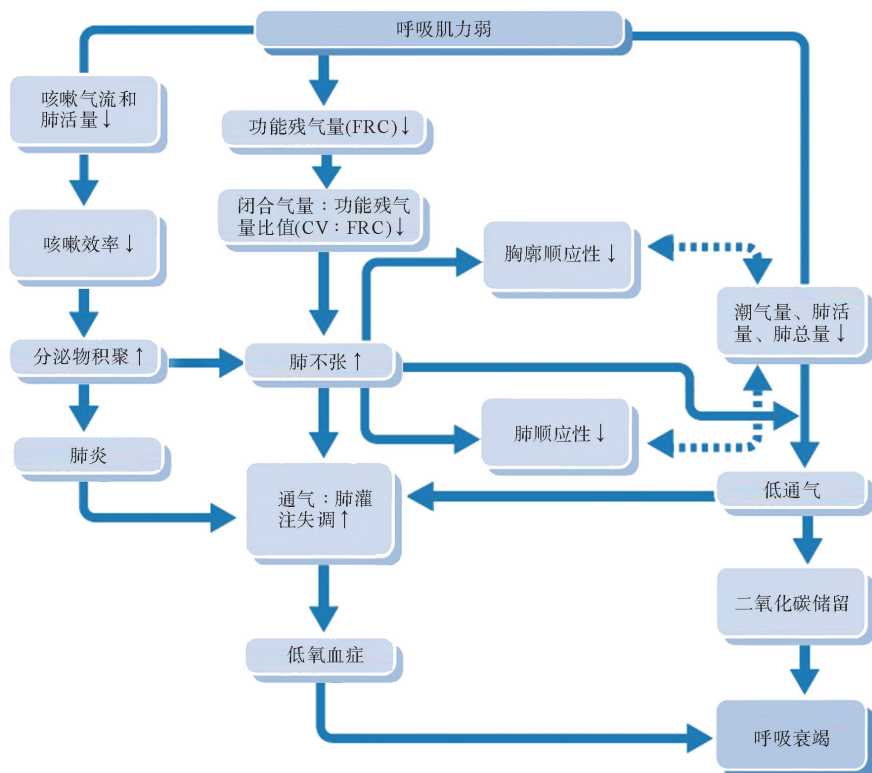


图 4-4 呼吸肌无力的直接和间接影响

本不能满足自身气体代谢的需要，所以患者依然需要呼吸机维持长期的机械通气。

**C<sub>4</sub> 神经平面损伤：**C<sub>4</sub> 神经平面受损患者的膈肌小部分受累，肋间肌和腹肌瘫痪，但可以维持基本气体代谢需求。在早期急救阶段，经过短期的有创气管切开通气后，大多数患者可以维持自主呼吸，后期也可勉强维持基本的呼吸功能。由于呼气肌受累范围较大，程度较重，且肺活量只有正常值的 1/3，所以，该节段损伤的患者家庭需配备简易呼吸机以便患者在主动吸气功能不足时应急使用。该平面脊神经损伤患者的咳嗽功能严重下降，一旦出现肺部感染等问题时，对辅助呼吸和辅助咳嗽排痰技术的需求会比较迫切。

**C<sub>5</sub>~C<sub>8</sub> 神经平面损伤：**C<sub>5</sub>~C<sub>8</sub> 神经平面受损患者的膈肌有充分的自主控制能力，颈部多数辅助呼吸肌和部分胸大肌神经支配良好，肋间肌和腹肌完全受累，所以患者的主动吸气功能较好，一般情况下无需依赖呼吸机帮助。虽

然患者的基本吸气功能尚好，肺活量有正常值的 1/3~2/3，但由于主要的呼气肌受到脊髓神经损伤的影响，所以患者的咳嗽功能较差，必要时需提供辅助咳嗽和辅助排痰技术。

**胸髓损伤：**胸髓损伤患者的膈肌、胸锁乳突肌、斜角肌、胸肌、肋间内肌等都保留良好的自主控制能力，吸气功能基本正常。但由于腹肌受累，用力呼气功能受限，患者肺活量稍降低，对咳嗽能力也有一定的影响。一般认为 T<sub>10</sub> 以下平面损伤患者的呼吸功能受累不明显。

膈肌是呼吸功能 II ~ IV 级患者主动参与通气最关键的肌肉。颈髓损伤患者肋间肌瘫痪，上提胸骨和肋骨的肌肉力量薄弱。腹肌瘫痪，腹腔内容物下降，膈肌低平，膈肌收缩时腹腔内容物也会被进一步向下推送，胸腔内压会出现瞬间下降的情况。但此时胸锁乳突肌、斜角肌等力量无法稳定胸骨和第一肋骨来维持胸廓于高位，胸腔内压下降带来的负荷会吸引胸廓缩小。而当膈肌停止用力瞬间，腹腔内压大于

胸腔内压，胸腔有向上吸引的力量而使得膈肌出现快速的小幅上移。此时腹部突然回缩，胸廓也会出现一过性的轻度快速隆起动作，这就是典型的反常呼吸模式（Abnormal Breathing Pattern）。这种反常呼吸模式在仰卧位时表现更为明显，严重者会导致患者吸气量不足。

呼吸肌肋间内肌和腹肌瘫痪也会引起一系列问题，其中最主要的是呼气能力降低，肺活量、用力肺活量、用力呼气量、1s用力呼气量、最大呼气流速、咳嗽峰值流速等指标都会出现明显的下降。支气管卫生的维持主要依赖这些呼气肌的功能，呼气肌的瘫痪会使得患者咳嗽排痰能力极度下降。除此之外，肋间肌瘫痪（肌力下降和张力的出现）还会导致胸廓活动的顺应性下降，胸廓活动度减小；而胸廓活动度的下降或丧失会使得主动吸气量下降，继而影响患者咳嗽能力。综合以上原因，肋间肌和腹肌受累患者的呼气能力、咳嗽和排痰能力都大大下降。另外，前文也已经讲过，身体姿势对脊髓损伤患者呼吸和咳嗽等通气功能的影响较大。

脊髓损伤患者肺通气功能障碍（Pulmonary Ventilation Dysfunction）的主要原因在于缺少肋间肌和腹肌的作用，腹腔内容物再分布和肺容量的改变等限制了吸气时膈肌的下移。患者卧位时腹内容物将膈肌上推，达到的位置高于直立体位时的静息位置。与直立体位相比，患者卧位时膈肌的活动度更大。这是因为患者站立位时由于缺少腹肌的支持作用，腹腔内容物受重力作用而下降。而呼气时膈肌向上的助推作用下降，膈肌松弛回缩的位置明显低于正常静息位，也同样影响着吸气功能，降低最大肺吸气量。采用替代腹肌的机制给予腹腔内容物以足够的支持可有效改善这种状况，能适当提高患者通气量。尽管此类患者肺组织结构正常，但由于以上原因也可能会出现肺不张。

### 三、呼吸肌无力的直接和间接影响

脊髓损伤患者呼吸功能受限，肺容积和肺容量都显著下降（残气量除外；图4-5），潮气量、肺活量、补吸气量、补呼气量、最大呼气流速和咳嗽峰值流速都明显降低，这些改变都是由呼吸肌无力直接或间接导致的。除此以外，呼吸肌麻痹无力直接或间接导致的一系列呼吸功能问题也是引发各种并发症的主要原因。

**1. 潮气量、肺活量、肺总量** 呼吸肌肌力的实验室检查是分别在最大吸气和最大呼气状态下通过测量口腔内压或者胸膜压来间接测定的。四肢瘫患者最大吸气压和最大呼气压都会因部分呼吸肌肌力减弱或丧失而显著降低，获得的压力值能够准确反映出患者呼吸肌肌力的强弱，所以对这些指标的测定应予以重视。呼吸肌无力会直接限制患者的肺活量、肺总量，以及与二者相关的诸多指数（图4-5）。虽然患者潮气量也会下降，但由于患者会通过增加呼吸频率来代偿，故单位时间内患者气体吸入总量可能并不会明显下降。

呼吸肌无力导致相关呼吸参数的改变往往比我们想象中的要更加明显。虽然我们有时候能够从吸气肌无力这个角度来剖析和解释一些问题，但还是有一些问题无法做出合理解释。这就要求我们不得不考虑因为呼吸肌无力所带来的间接影响又反过来对呼吸功能本身造成的进一步影响，尤其是呼吸肌失神经控制所带来的肺顺应性和胸廓顺应性的下降。

肺顺应性体现在肺的弹性方面。肺的弹性阻力与肺自身的弹力纤维和胶原纤维等弹性成分有关，当肺被扩张时，这些纤维被牵拉而倾向于回缩。肺扩张越大，其牵拉作用越强，肺的回缩力和弹性阻力便越大；反之，就越小。肺的弹性阻力还与存在于肺泡内表面的液体层与肺泡内气体之间的液-气界面所形成的表面



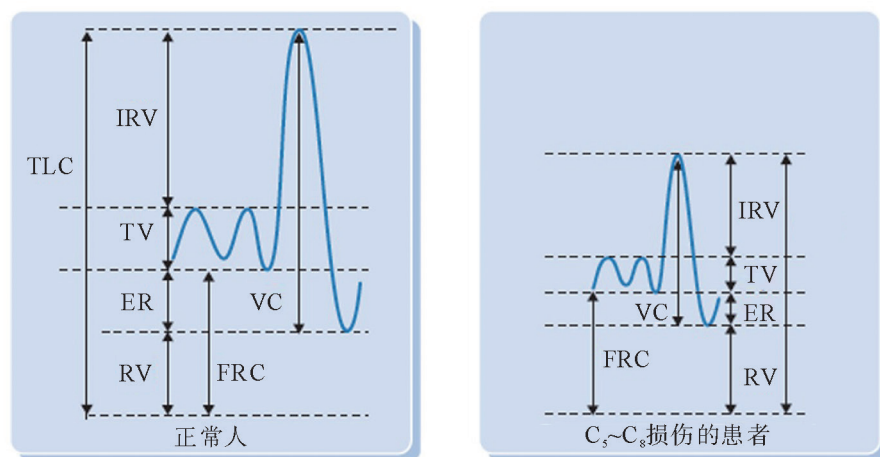


图 4-5 正常人和呼吸肌受累的脊髓损伤患者之间的肺通气功能比较

注：右图显示 C<sub>5</sub>~C<sub>8</sub> 平面脊髓损伤患者的呼吸肌功能对肺总量和肺活量的影响。C<sub>4</sub> 平面脊髓损伤患者的补吸气量部分保留，但在肺总量和肺活量上的减弱机制是相同的

张力有关，球形液-气界面的表面张力倾向于使肺泡缩小，因而它也是肺弹性阻力的来源之一。肺组织自身的弹性成分所产生的弹性阻力仅占肺总弹性阻力的 1/3 左右，而表面张力则占 2/3 左右。对脊髓损伤患者来说，这两方面的因素可能都会影响到肺的顺应性，尤其是弹性成分带来的负面影响占主要地位。四肢瘫患者的肺顺应性会下降 30% 左右。肺顺应性在气管、支气管或肺泡内有分泌物生成和潴留时或在肺不张时下降更加明显，会显著影响肺的扩张，严重的会导致肺不张。

胸廓顺应性主要体现在胸廓的弹性方面。胸廓的弹性阻力来自胸廓的弹性成分。胸廓处于自然容积位置时，肺容量约为肺总量的 67%（相当于平静吸气末的肺容量），此时胸廓无变形，不表现出弹性阻力。当肺容量小于肺总量的 67%（如平静呼气或深呼气）时，胸廓被牵引向内而缩小，其弹性阻力向外，是吸气的动力、呼气的阻力；当肺容量大于肺总量的 67%（如深吸气）时，胸廓被牵引向外而扩大，其弹性阻力向内，成为吸气的阻力、呼气的动力。所以胸廓的弹性阻力既可能是吸气或呼气的阻力，也可能是吸气或呼气的动力，应视胸

廓的位置而定。四肢瘫患者的胸廓弹性有明显的下降，肺容量也会随之下降，尤其是影响胸廓运动的相关肌肉有张力存在时。患者呼吸肌无力或主动用力呼吸不足都会导致胸廓扩张受限，其主要原因除了胸廓弹性阻力较大外，还可能与胸椎关节和肋椎关节因长期活动不足而出现僵硬有关。很多研究发现胸廓顺应性下降与痉挛有一定的正相关关系，但也存在一些争议。

呼吸肌无力会明显降低肺潮气量、肺活量、肺总量等，对肺与胸廓的顺应性也会造成明显的不利影响，严重者还会导致肺内二氧化碳潴留和低氧血症。肺通气功能受限还容易导致肺不张。肺不张会导致肺顺应性下降，而肺顺应性下降反过来还会导致进一步肺不张，二者若同时存在就会陷入恶性循环。另外，功能残气量下降和分泌物潴留也和肺不张有关。肺不张在颈髓损伤患者中很常见，且容易滋生细菌导致肺炎、胸膜渗出和脓胸（继发于胸膜渗出）等。

**2. 功能残气量** 功能残气量是平静呼气后残留在肺内的气体量，主要受肺部向内的回缩力和胸壁向外扩张的拉力差的影响。四肢瘫患者的功能残气量相比损伤前是减少的，尤其在

急性期，功能残气量下降更为明显。颈脊髓损伤患者功能性残气量下降主要是由于胸壁向外的扩张力下降。并且随着病程的延长，患者胸壁向内回缩，这也是导致患者功能残气量下降的又一主要原因。在急性期功能性残气量下降很常见，但也和肺的病理有关，功能性残气量下降预示可能会出现肺不张。如果闭合容量比

功能残气量高，则在呼气末肺泡尤其是底部肺泡容易塌陷，在患者正常呼吸过程中，也很容易形成肺不张。肺不张往往还和患者的体位直接相关，不同体位下的功能残气量是不同的，站立位水平最高。低水平功能残气量可能导致气道跨压差减少，从而导致气道塌陷，肺容积减少，肺内分泌物排出困难（图 4-6）。

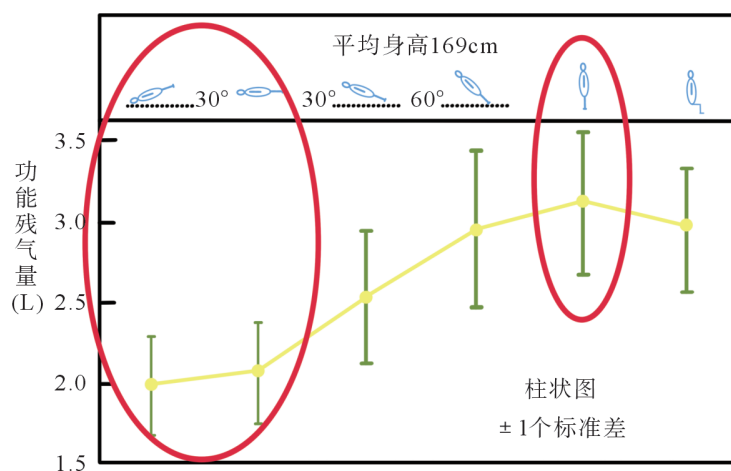


图 4-6 不同体位下的功能残气量变化情况

**3. 呼吸流速** 呼气肌无力直接影响用力呼气能力和呼气速率。1s 最大呼气量（FEV1）、最大呼气速率、咳嗽峰值流速下降在颈髓损伤患者身上是常见的，且下降也是很显著的，这主要是因为腹肌和肋间内肌等呼气肌肉无力所致。当然，吸气肌受损导致的深吸气量下降也是重要原因之一。

用力呼气需要主动形成较高的胸腔内压，这是提高呼气速率和主动排痰能力的重要动力基础。主动提高胸腔内压的过程主要分两个阶段：前期是吸气阶段，在呼气开始前没有大量的气体进入肺内，要想形成较高的胸腔内压和较大的呼气速率是很不现实的；其后是呼气阶段，呼气开始前依靠呼气肌的收缩来提高胸腔内压。在呼气阶段提高胸腔内压主要有两种方式。在排除气道问题外，一是收缩降肋肌如肋间内肌可直接增加胸腔内压；二是借助腹肌收

缩通过腹腔内容物向上推升膈肌的方式间接提升胸腔内压。如果腹肌和肋间内肌麻痹无力，患者主动增加胸腔内压的动力就大为减弱，只能依赖肺和胸廓的弹性回缩力被动形成较弱的胸腔内压来提供呼气动力，这样的压力很难提供足够强度的呼气速率。

呼气肌力量弱，就无法形成足够的呼气速率，没有足够的呼气速率就难以形成有效的咳嗽功能。在有较高流速气体通过气管和支气管的呼气过程中，高速气流会对气管内壁形成向上的流体剪切力和推送力，从而能把分泌物从气管管壁上分离并推出咽部。正常人咳嗽时呼气速率在 6~20L/s，咳嗽峰值呼气速率低于 2.7L/s 时也能带走气道分泌物，但排除效果差，容易致痰液或异物积聚而发生呼吸系统并发症。一般认为，在呼气速率低于 4.5L/s 时，肺活量低于 1.5L，患者不能形成足够的气流流动

力来保证良好的排痰能力，尤其是有肺部感染的高位颈髓损伤患者。

咳嗽功能下降，患者若有较多气道分泌物，分泌物会部分或全部阻碍远端肺泡的通气，增加患肺炎的风险。如果分泌物滞留或堵塞支气管或细支气管，肺不张的风险就会大大增加。在颈髓损伤急性期，交感神经兴奋性下降，副交感神经兴奋性增高，导致分泌物分泌速度和分泌量增加，这是一个非常棘手的问题，所以损伤早期容易发生肺不张。 $C_5$  以下损伤的患者排痰功能稍好一点，所以分泌物滞留的情况比较少见。这是因为与  $C_4$  损伤的患者相比， $C_5$  及以下平面损伤的患者的胸大肌锁骨部功能保

留，在没有肋间内肌和腹肌帮助的情况下，胸大肌对患者用力吸气、呼气 and 咳嗽功能有很大帮助。

除了呼吸肌力量的问题，呼气流速也与体位有一定关系。在不同体位下，气道直径和分泌物分布情况也是不同的（图 4-7）。垂直体位时，黏液层因重力因素而较薄；同时各方向分布厚度一致，气道空间大、气道阻力小。仰卧位时，由于呼吸做功少、外周活动少，黏液滞留；又因为重力因素，气道底部黏液更多；因此气道空间小、气道阻力大，呼气流速自然也减弱。

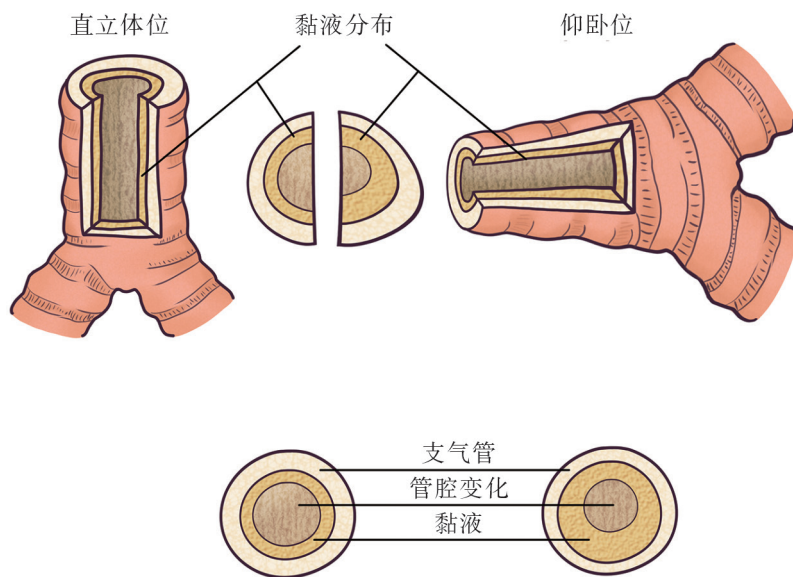


图 4-7 体位和重力对呼吸道黏液分布情况和支气管径的影响

**4. 胸壁变形和呼吸模式的变化** 正常人群胸廓形状呈现圆润的桶形，而颈髓损伤患者由于肋间肌和其他呼吸肌萎缩的影响而呈现一定的扁平状，影响胸廓的膨隆和回缩功能。正常人群平静呼吸时以混合式呼吸为主，脊髓损伤患者因呼吸肌功能各异，表现出的呼吸模式也有较大差异。脊髓损伤患者采取何种呼吸模式主要受以下几个因素的影响：脊髓损伤平面、辅助呼吸肌的功能状态、胸廓顺应性和痉挛程度。一般情况下，胸腰段脊髓损伤患者呼吸和

正常人群基本相同，但颈髓损伤患者因肋间肌、腹肌，甚至更多肌肉受累而呈现完全不同的呼吸模式，即矛盾呼吸：吸气时因膈肌向下运动，腹腔隆起，同时因胸腔内负压值增大致肋骨向内、向下运动（图 4-8）；而呼气时膈肌松弛，腹腔内陷，膈肌松弛和胸廓回缩力作用导致胸腔内压增高，胸廓轻度膨隆，肺内气体排出后胸廓才会回缩。整个过程与正常人吸气时胸廓和腹部膨隆扩张、肋骨向上向外运动，以及呼气时胸廓和腹腔内缩的运动方式是矛盾的。 $C_5$

以下平面颈髓损伤患者的斜角肌、胸大肌和斜方肌等肌肉保留部分功能，胸廓运动呈现的矛盾呼吸程度相对较轻，呼吸功能相对稍好

一点，但还是有很多患者的呼吸模式呈矛盾状态（图 4-9，图 4-10）。

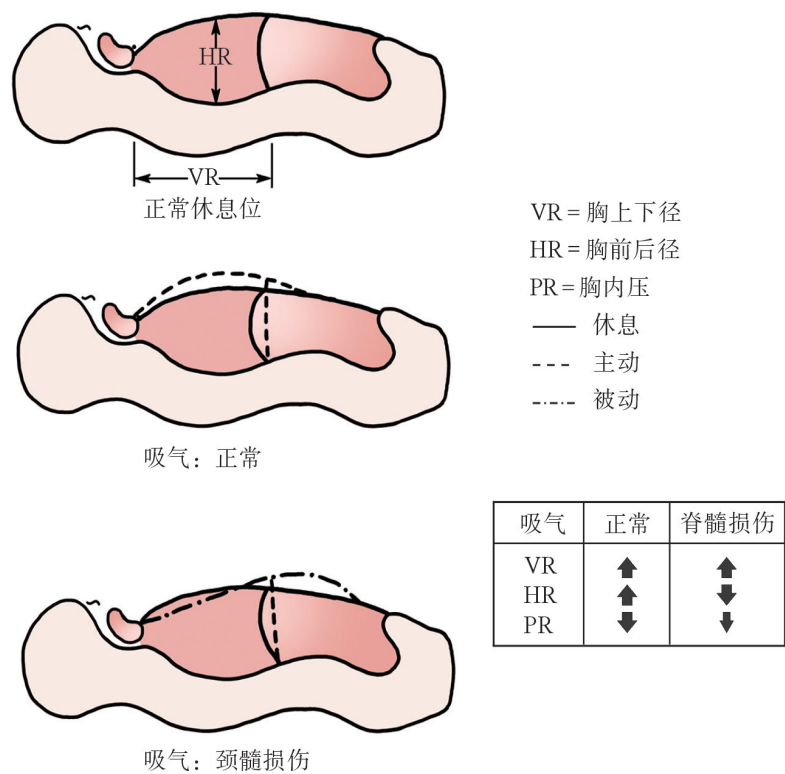


图 4-8 颈髓损伤患者仰卧体位下吸气时胸腔与腹腔变化形式



图 4-9 呼吸功能Ⅲ级的颈髓损伤患者放松呼气时的胸廓和腹部状态



图 4-10 呼吸功能Ⅲ级的颈髓损伤患者用力吸气时的胸廓和腹部状态

**5. 身体姿势对呼吸功能的影响** 身体姿势变化对人体呼吸功能有明显的影响。从前述知识可以看出腹腔内容物对膈肌工作是有一定影响的。正常人在坐位和卧位姿势下的呼吸功能差异不大，但对脊髓神经损伤累及腹肌的患者来说影响就会比较明显。T<sub>8</sub>及以上脊髓平面损伤的患者腹肌受累瘫痪，躯干位于直立体位

时，腹腔内容物会向腹壁周围突出，膈肌会因此而被动向下吸引，相比正常人呼气末的位置更为向下且低平；吸气过程中膈肌的运行幅度受限，吸气量减少，呼气时膈肌上行幅度也受限，呼气量也受影响；即呼吸过程中膈肌的上下运动幅度减小，潮气量下降，而无效腔相对增大，肺通气效率下降。而躯干位于仰卧体位



时，患者腹腔内容物向腹部两侧和胸腔推进，膈肌上抬，此时截瘫患者的呼吸与正常人群有轻度差异。但颈髓损伤四肢瘫患者的呼吸与正常人群差异较大，很多还会呈现矛盾呼吸。另外，躯干姿势变化对呼吸功能也有明显影响。躯干屈曲动作对提高呼气流速和咳嗽功能有明显的促进作用，但对吸气却有抑制和阻碍作用。在呼气过程中，膈肌松弛，肋间内肌收缩降低肋骨、缩胸廓的同时，屈曲躯干不仅可以增加腹压，还会增强腹腔内容物对膈肌的上推作用。头颈的屈曲运动对促进胸廓下降、增高胸腔内压也有积极的意义。几个因素共同作用可大大提高胸腔内压，对改善咳嗽、呼气等功能都有重要的作用。

#### 四、脊髓损伤急性期呼吸系统的并发症

四肢瘫患者非常容易出现呼吸系统的并发症，尤其是在脊髓损伤急性期。主要原因阐述如下：

**1. 长期卧床** 脊柱不稳患者不便频繁转移或下床活动。为了保障骨折愈合，基本都会长期卧床，尤其是那些未经手术固定或因骨折碎裂严重固定条件不好的患者，骨科医生一般会主张延长卧床时间。虽然卧床制动对骨折愈合很有必要性，但对呼吸系统功能会带来诸多不利影响。首先，卧床会减少患者功能性残气量和肺活量，长此以往会减少肺容积，造成肺不张；气道塌陷还会导致肺泡通气率降低，影响气体交换、分泌物排出。其次，因为以上原因，肺炎发病率也会明显升高。另外，对高位颈髓损伤患者来说，因残气量下降带来的肺不张的风险也会加大。

**2. 疼痛和镇静剂的使用** 疼痛是脊髓损伤患者常见的并发症之一。疼痛对患者的影响是深远的，不仅会影响患者的主观能动性，长期的疼痛，尤其是神经病理性疼痛还会导致患者

出现悲观、抑郁等负面情绪。镇静剂对脊髓损伤后的疼痛有一定的疗效，但在使用镇静剂后，患者进行深呼吸、咳嗽，以及配合治疗的主观意愿和能力都大大降低。另外，虽然外科手术治疗可大大缩短外伤性脊柱脊髓损伤患者的卧床时间，但麻醉可能会增加呼吸系统的功能性风险，高位颈髓损伤患者在行全麻手术时出现肺不张的情况更为常见。

**3. 吸入性肺炎** 四肢瘫患者早期患吸入性肺炎（Aspiration Pneumonia）和肺炎的风险很大，尤其是年老者 and 经颈椎前路行外科手术者。因呕吐后在急迫呼吸的作用下有吸入呕吐物导致吸入性肺炎的可能，因此需要仰卧位静卧的患者在护理时需要更多关注。因患者无法转动头部，护理人员应及时发现并处理呕吐问题。

**4. 麻痹性肠梗阻** 早期四肢瘫患者的呼吸功能下降和肠道失神经控制还会诱发麻痹性肠梗阻。麻痹性肠梗阻是胃肠道系统暂时的功能丧失或减弱，常出现并快速进展于伤后 48h 左右，通常会持续数天。麻痹性肠梗阻导致的腹部膨胀还会反过来增加呼吸系统并发症的风险。腹部膨胀会限制膈肌的运动，增加吸气负荷和肺不张的风险。另外，麻痹性肠梗阻的患者发生呕吐的概率增大，而呕吐又会大大增加吸入性肺炎的风险。

**5. 呼吸肌疲劳** 颈髓损伤后从早期开始，非受累呼吸肌就必须进行更大负荷的工作以弥补受累呼吸肌功能下降带来的负面影响。从功能上来讲这是一个迅速的转变，非受累呼吸肌一时还不能很好地满足额外的呼吸负荷，容易出现疲劳。随着时间的推移和自身适应性改变，这些呼吸肌肌力和肌耐力逐步改善而开始适应这种变化。颈髓损伤后的最初几周，呼吸训练的效果主要表现在维持肺容积、提高呼吸肌力量、预防肺部感染。如 C<sub>4</sub>~C<sub>6</sub> 损伤患者经过 3

个月的训练后，肺活量可以提升一倍左右。但肺活量的改善也可能和其他方面的因素有关，包括神经功能的恢复。

**6. 与呼吸系统有关的损伤** 严重的外力创伤在导致脊柱受伤的同时也会引起其他损伤。常见的影响呼吸系统功能的并发症包括肋骨骨折（伴或不伴血、气胸）、肺创伤、腹部受伤和脑外伤等。损伤后患者在进食、进水或呕吐时常因咳嗽反射减弱或咳嗽功能严重下降或不能而形成吸入性肺炎，一旦有异物吸入肺部，后期可经常出现肺部感染。此外，肺栓塞和胸膜渗出也是常见的并发症。出现呼吸系统并发症的其他影响因素还包括年龄、肥胖程度、滥用药物史、吸烟史和呼吸系统本身的疾病等。一般认为，有呼吸系统并发症的患者需要密切监控其呼吸系统和神经功能状况，尤其是损伤早期和 C<sub>6</sub> 以上损伤的患者。

## 第二节 呼吸功能评估

四肢瘫患者的呼吸功能评估内容不同于其他类型患者，主要包括以下内容：

1. 抑郁和焦虑水平。
2. 呼吸的困难程度。
3. 呼吸短促。
4. 警觉水平。
5. 呼吸模式。
6. 咳嗽效率。
7. 呼吸频率。
8. 呼吸音。
9. 体温。
10. 脉搏、心率。
11. 需氧量。
12. 分泌物的量和黏度。
13. 肺活量。
14. 1s 用力呼气量。

15. 动脉氧分压。
16. 氧饱和度。
17. 呼气末 CO<sub>2</sub> 分压、浓度。
18. 最大吸气压、最大呼气压。

在给四肢瘫患者进行呼吸治疗前，有必要明确患者呼吸肌的瘫痪范围。一般情况下这可以从患者整体损伤情况估计出来，如 C<sub>5</sub> 完全性损伤患者的上下肢肌肉瘫痪（无部分保留区域）说明患者存在广泛的呼吸肌瘫痪；而下肢运动功能保留的 C<sub>5</sub> 不完全性损伤则预示着肋间肌和腹肌功能可部分保留。而直接的呼吸肌评估方法可以通过肺活量或用力肺活量等指标获知。在给四肢瘫患者进行呼吸功能康复治疗前，物理治疗师需从以下三方面了解患者的基础情况：①呼吸肌力量；②胸廓活动性或依从性；③平静呼吸时有无代偿机制。此外，还必须了解患者的既往呼吸系统疾病和目前因脊髓损伤导致的呼吸系统并发症，并熟练掌握各种评估设备的使用方法。临床常用的 6 项呼吸监测专项检查包括：呼吸肌力量、呼吸频率、呼吸形式、胸廓活动度、咳嗽功能和肺活量。

### 一、呼吸肌力量

在呼吸功能评定之前应先进行相关肌肉力量评估，以了解患者的基础情况。颈部肌肉和躯干肌肉力量可用标准徒手肌力检查方法予以评估。膈肌功能检查需要特殊方法，即患者在仰卧体位下最大用力吸气时观察其上腹部隆起幅度，但这要患者能理解并掌握如何主动限制胸廓运动，或者物理治疗师能帮助其完成该限制动作。呼吸功能Ⅲ～Ⅵ级的患者，能观察到正常上腹部的起伏。上腹部出现起伏动作表明膈肌有主动收缩能力。呼吸功能Ⅱ级的患者上腹部仅出现轻微起伏。如果不能观察到腹部起伏动作，说明膈肌力量太弱。膈肌功能也可通过观察 **Litten 现象**（Litten Diaphragm

Phenomenon) 进行检查。Litten 现象即 Litten 征, 也称膈波影 (Phrenic Wave), 是借助光线照射观察膈肌主动运动的检测方法。检查时光源置于被检查者的头侧或足侧, 检查者位于光源的正对面或侧面, 视线平被检查者上腹部, 被检查者吸气时可见一条狭窄的阴影, 自腋前线第 7 肋间向第 10 肋间移动, 呼气时该阴影自下而上回归原位, 这是膈肌随呼吸上下移动的原因, 体形消瘦者易观察到。Litten 征阳性表明存在膈肌活动; 但 Litten 征阴性并不能说明膈肌无运动, 需进行下一步检测, 包括触诊、胸片、透视等。透视可以观察平静呼吸和用力呼吸时膈肌的活动情况。平静呼吸时膈肌的正常运动范围为 2~6cm, 用力呼吸时范围为 7cm 以上。患者深吸气时膈肌下移程度增加, 则表明存在一定的吸气储备。

呼吸肌功能测定最常应用的测定方法包括最大吸气压 (Maximal Inspiratory Pressure, MIP) 和最大呼气压 (Maximal Expiratory Pressure, MEP)。MIP 是指患者最大自主吸气时所产生的上气道 (口腔) 内压, 最低正常值男性为 80cmH<sub>2</sub>O, 女性为 60cmH<sub>2</sub>O。MIP 常用于评价全部吸气肌的综合吸气力量, 同时因该指标受到肺和胸廓弹性回缩力的影响, 还可用于评价呼吸训练的效果以及作为判断能否脱离人工机械通气的指标之一。MEP 指用最大力气呼气时能产生的最大上气道 (口腔) 内压, 通常男性正常 MEP > 150cmH<sub>2</sub>O, 女性正常 MEP > 120cmH<sub>2</sub>O。MEP 反映全部呼气肌的综合呼气力量, 常被用于评价患者的咳嗽及排痰能力。

## 二、呼吸频率

膈肌功能完好的状态下, 正常成人的呼吸频率为 12~20/min, 儿童为 30~40/min。膈肌力量下降时, 因吸气量下降而出现代偿性呼吸频率增加。评估呼吸频率的目的是检测患者参与通气的肌肉的工作效率。治疗师需了解通气不

足和过度通气的指标和症状, 这两种情况都会继发于呼吸频率发生较大变化后。通气不足, 可能会导致嗜睡、烦躁不安, 或食欲下降; 而过度换气可能会导致头晕、头痛和四肢麻木。一般在患者安静状态且不注意时检测呼吸频率。

## 三、呼吸形式

检测呼吸形式的目的在于评估呼吸肌质量及其对呼吸运动的作用。正常吸气模式为混合呼吸模式, 既有胸式呼吸, 又有腹式呼吸。吸气时患者膈肌收缩下降, 上腹部凸起, 肋间外肌收缩, 肋骨上抬, 共同作用使胸腔体积增大; 呼气时患者膈肌松弛, 腹肌和肋间内肌收缩, 肋骨下降, 胸腔体积缩小。呼吸功能 II ~ IV 级患者的肋间肌和腹肌麻痹无力, 呼吸主要依赖膈肌的舒缩运动。若单纯依赖膈肌尚不能满足机体需要, 则颈部肌肉如斜角肌、胸锁乳突肌等会参与吸气运动, 辅助改善肺通气。如果肋间肌受累, 则可能出现反常呼吸模式。损伤早期, 四肢瘫患者出现肋间肌瘫痪造成的呼吸肌无力, 肋间肌失去对肋骨架的固定作用, 呼吸过程中产生的胸内负压可造成肋骨内陷, 可致微小肺不张, 增加呼吸做功。而在损伤后期, 肋椎等关节的僵硬可起到一定的代偿作用, 反常呼吸的程度会有一定程度的减轻。总之, 颈髓损伤患者在呼吸, 咳嗽和排痰等动作时都可能出现胸廓反常运动现象, 需引起物理治疗师的高度重视。

## 四、胸廓活动度

胸廓活动度对肋间肌受损的患者来说是至关重要的。肋间肌受累会出现两种情况, 一种是肋间肌无力且松弛, 一种是肋间肌会出现肌张力。但事实上, 不管是哪种情况, 患者吸气时主动扩张胸廓的能力都会受到影响, 尤其是肋间肌有肌张力的患者, 肌张力会更加明显地限制胸廓扩张能力, 导致患者出现胸廓紧缩, 吸气有明显困难的感觉。患者的主动胸廓活动



(Thoracic Activity) 范围能客观地反映胸廓扩张的能力和顺应性,是肺康复评估的重要项目。测量胸廓活动度一般有两种方法,一是评估胸廓活动的对称性,二是评估胸廓活动的幅度值。

**1. 胸廓活动的对称性** 评估胸廓活动的对称性可以让治疗师了解患者胸腔两侧的活动差异,间接反映患者是否有单侧肺部工作能力不足的问题。检查时,治疗师将手对称地放在患者的胸廓部,通过观察自己的手随着患者呼吸时胸廓运动的变化而发生的位置改变来判断患者肺功能的变化,两肺的3个叶区都能检查。检查上叶或中叶时,患者取仰卧位,治疗师面对患者,双手张开,大拇指指尖放在胸骨切迹上或胸骨剑突部位,其余四指自然张开环绕在胸廓外侧;检查下叶时,患者取俯卧位或坐立位,治疗师将大拇指指尖放在下段胸椎棘突处,将其余四指环绕患者肋骨,以手掌贴附在患者胸壁上,嘱患者做深呼吸,观察双手拇指离开中线的距离。

**2. 胸廓舒缩幅度** 这是量化评估胸廓扩张度的方法,一般测量胸廓的腋下和剑突两个水平在最大呼气末与最大吸气末之间的周径差值。该数据通过与正常胸廓扩张性比较,可以客观反映患者胸廓主动扩张程度和吸气肌的肌力情况。另外,该差值还可反映上位胸廓和下位胸廓在呼吸过程中的变化情况。如在矛盾呼吸时,前者得出的数据可为负值,胸廓在吸气时腋下水平的胸廓围度值变化约 $-1.3\text{cm}$ ,而正常人吸气末胸廓会扩张 $6.5\sim 7.6\text{cm}$ 。

## 五、咳嗽功能

**咳嗽功能 (Cough Function)** 下降不能有效清除呼吸道内分泌物,而支气管清除能力下降可能会导致严重的肺部并发症。支气管清除功能对颈髓损伤患者来说是至关重要的,若该能力不足,呼吸道感染并出现并发症的可能性会大大提高。呼吸系统感染是颈髓损伤患者死

亡的主要原因之一。

检测咳嗽功能是为了评估患者清理呼吸道内分泌物的能力。产生气流的两个重要因素是:足够的吸气容量和充分的呼气流速。腹肌是参与用力咳嗽的主要肌肉。因此腹肌肌力下降,咳嗽功能则受损。咳嗽功能大体可分为功能性咳嗽、功能减弱性咳嗽和非功能性咳嗽。功能性咳嗽足以清理所有呼吸道内分泌物,无需辅助。功能减弱性咳嗽可以清理喉部及小部分呼吸道内分泌物,但需辅助清理可导致呼吸道感染的黏液性分泌物。非功能性咳嗽几乎不能产生有清理功能的咳嗽,必须辅助或机械排痰。

咳嗽动作发生前患者会先进行一次短促的或较深的吸气,继而声门关闭,腹肌等呼气肌迅速强烈地收缩,肺内压和胸膜腔内压急剧上升,然后声门突然开放。由于肺内压很高,气体便由肺内高速冲出,此时腹肌等呼气肌的进一步收缩和身体姿势的屈曲运动等会进一步帮助机体产生爆炸性的强力呼气而将呼吸道内的异物或分泌物排出。在对咳嗽功能进行评估时,需重点评估以下几个问题:吸气能力、屏气能力、气体升压能力、打开声门和进一步用力升压的配合能力等。

需要注意的是,不同呼气流速下,肺分泌物在气道内运动的性状也是不同的。咳嗽时呼气流速较低固然不能有效排出肺部分泌物,但是呼气流速过大时,也不能达到理想效果(图4-11)。呼气流速在 $0\sim 60\text{cm/s}$ 时,分泌物移动差,被低速气流冲击后呈气泡状黏液分布在气道内;呼气流速在 $60\sim 1000\text{cm/s}$ 时效果最佳,分泌物可大块排出;呼气流速在 $1000\sim 2500\text{cm/s}$ 时,由于流速过大,会把分泌物冲击、压向两侧气道壁,并呈晕纹状分布;呼气流速在 $2500\text{cm/s}$ 以上时,分泌物则呈雾化状喷出,当然这种速度非自然人力可达到。所以,教导患者以合理流速呼气进行咳嗽非常重要。



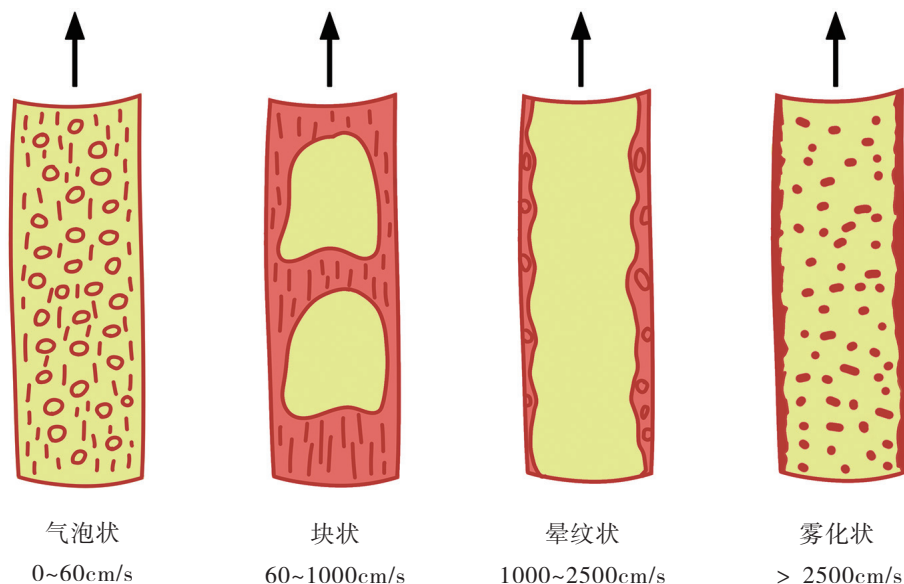


图 4-11 咳嗽时不同呼气流速下气道内分泌物的流动状态

## 六、肺活量

肺活量和患者的肺容量密切相关，并且能灵敏地反映出患者的通气和咳嗽功能，是敏锐反映呼吸肌力量的重要指标之一。通过肺活量检测可在损伤早期就能敏锐地发现患者微小的呼吸功能变化。呼吸功能有高度危险的患者最少 8h 检测一次，决定是否需要使用呼吸机的患者需每小时检测一次。肺活量小于 1L 的患者应予以密切关注，且部分患者需机械通气。

初始常规检测肺活量可作为呼吸肌力量的基础值。因其测量简单方便，用手持式肺活量计即可检测，因而可以用来监测患者的进展情况。肺活量可以用预测值的百分比或实际容量（cm<sup>3</sup>）来表示。尽管百分比在大多数病例中均实用，但对于严重功能障碍者，实际肺活量值更重要。患者应用肺活量计的进程应因人而异。在解释肺活量时需考虑到所有既往肺部疾病。肺活量的测量需要在仰卧位和直立位两个体位下检测，以考虑重力的影响。初始肺活量因损伤水平不同而有很大差异，为正常时的 25%（Ⅱ级）~80%（Ⅳ级）。经过训练后，患者的肺活量都会有约 20% 的提高（表 4-4）。

在受伤初期，由于脊髓神经细胞水肿，神经功能不能有效表现出来。随着时间的进展，脊髓神经细胞水肿会逐渐消退，神经功能也会逐渐显现出来，神经损伤平面可能会上升 1~2 个平面，这对呼吸功能有显著影响。

表 4-4 呼吸治疗前后肺活量的变化  
（相对于正常值的百分比）

等级	肺活量变化（%）	
	治疗前	治疗后
Ⅱ	≤ 25	40
Ⅲ	35	60
Ⅳ	50	80
Ⅴ	70	90
Ⅵ	80	95

注：数值是近似值

## 七、呼吸音

正常人呼吸时，气流通过呼吸道和肺泡，产生湍流引起振动，发出声音，通过肺组织及胸廓传至体表，即为呼吸音（Respiratory Sound）。根据呼吸音的部位、音调、强度、性质和吸吐的时长可分析和判断肺部病变情况。正常的呼吸音包括肺泡音、支气管音和支气管肺泡音。在病理状态下会出现异常呼吸音，

异常呼吸音包括啰音、哮鸣音等（表 4-5）。肺内气流消失或肺组织崩塌也称为肺塌陷。气道阻塞可能因液体、黏液、支气管痉挛或肿瘤压迫所致。

呼吸音可能会在肺内某个部位减弱或消失，这表明该处肺泡出现阻塞而发生通气不良。

表 4-5 正常和异常呼吸音

正常呼吸音	肺泡音	柔软，低音调，如微风吹过的细弱声音。除了靠近气管、主支气管和两侧肩胛骨之间位置，在胸腔大部分位置都可以听到肺泡音。肺泡音在吸气期持续时间较长（3：1）
	支气管音	响亮而空洞，管状高音，在主支气管和气管处可听到。支气管音在吸气期和呼气期时长基本相当，且在吸气期和呼气期之间有短暂的停滞期
	支气管肺泡音	较支气管音柔软，吸气期和呼气期时长相等，且中间没有明显停滞期。可在锁骨上、肩胛上、胸骨旁和两肩胛内侧区闻及
异常呼吸音	干啰音	音调高，带乐性，持续时间长，吸气呼气均可听到，但呼气为重。多为气管、支气管壁的炎症，由黏膜分泌物增多、平滑肌痉挛所致
	湿啰音	细致而不连续的声音（像泡泡破掉的声音或在耳边用手指捻摩头发的声音），是气体通过气管或支气管内的稀薄液体形成的水泡破裂声。湿啰音主要出现在吸气期，也称水泡音
	哮鸣音	属于干啰音的一种。连续的高音或低音，时而像音乐一般的音调。通常出现在呼气期，偶见于吸气期。支气管痉挛或因分泌物造成的气道狭窄会造成哮鸣音

第三节 呼吸功能康复治疗

四肢瘫患者呼吸系统并发症的预防和治疗工作都非常重要。由于缺乏相关的临床试验，目前推荐用于脊髓损伤患者的呼吸系统管理和治疗方案都是基于其他患者群体的研究获得的结果，以及对神经肌肉无力患者（如肌营养不良和多发性硬化）进行的临床试验。临床实践发现，即使是在这些患者中没有获得良好验证的治疗方案，可能也能很好地用于四肢瘫患者身上。以下是目前应用于临床且有证据支持的实用呼吸治疗方案，其中大多数方案是针对有自主呼吸功能的患者，而非使用机械通气的患者。

脊髓损伤伴有肺功能障碍患者的治疗目标包括：①强化呼吸肌肌力；②改善肺及胸廓顺应性；③清除肺部分泌物；④增加肺容积；⑤患者及陪护的康复宣教。根据上述目标，治疗方案包括：呼吸肌训练、胸廓顺应性促进、排痰训练、腹部支持、肺通气支持和训练、运动训练等。训练过程中需密切检测，整个训练过程中需多次评估。

一、呼吸肌训练

增加呼吸肌肌力和耐力的训练对促进脊髓损伤患者呼吸效率、改善咳嗽能力有重要的影响。呼吸肌训练的目的就是帮助患者形成有效的、相对节约能量的呼吸方式，提高咳嗽功能。正常人膈肌和提肋肌等功能完好，在吸气时不管是膈肌单独工作，还是和提肋肌共同工作都能满足机体需要。但对上胸段以上的脊髓损伤，尤其是颈髓损伤的患者来说，辅助扩张胸廓的肌肉如肋间内肌、背阔肌、菱形肌、前锯肌等可能部分或全部受累，这些肌肉功能下降会使患者的胸式呼吸模式改变，残存的肌肉工作会消耗更多能量，也更加容易疲劳。

1. 膈肌训练 C<sub>4</sub>平面以下脊髓损伤的患者膈肌受累较轻，腹式呼吸功能一般都能满足自身氧气消耗。但患者经过长时间的卧床治疗后，呼吸功能会有不同程度的下降，在接受康复治疗的开始阶段辅助呼吸肌参与工作，该现象普遍发生于呼吸功能Ⅱ级的患者。对肋间肌和腹肌均瘫痪的患者来说，与其借助这些辅助呼吸肌实现通气功能，还不如单纯依靠膈肌通气的

效率更高，因此我们常把辅助呼吸肌参与工作的状态认为是膈肌疲劳的标志和征象。对患者的膈肌进行训练是改善膈肌功能、预防膈肌疲劳、提高膈肌工作效率的最好办法。

临床最常见的膈肌训练方法是抗阻吸气法。抗阻吸气法要求患者取仰卧位，在上腹部增加阻力。要求患者主动用力吸气克服该阻力，阻力一般直接加于患者腹部（图 4-12）。吸气时应保持胸廓的平静状态，所施加压力的大小以不影响膈肌收缩且有明显的上腹部起伏为宜，每天训练 15min。吸气训练的阻力施加需谨慎进行，应缓慢逐步增加。当患者在整个训练过程中，腹肌收缩都能将上腹部重物举起，一般可持续 15min 且不出现显著疲劳时，可以逐渐增加训练负荷。吸气阻力训练器是抗阻吸气法最常使用的器械（图 4-13）。悬浮球式训练器阻力可灵活调节，浮球可直接反映出阻力大小，方便易用。训练时患者口含吸气管用力

吸气，吸气力量越大，气流流速越大，小球上浮越高，且上浮小球的数量也越多。患者每天练习数次，慢慢增加训练时间至 20~30min。该训练在增加肌力的同时也可提高膈肌耐力。计算机控制型吸气阻力训练不仅能精确控制训练时的吸气阻力，而且能采集到患者的吸气功能数据，可做前后对比分析。另外，还可以根据患者的情况选择使用吹蜡烛法、吹气球法、吹水泡法、大声唱歌法等训练患者的呼吸功能。



图 4-12 膈肌抗阻训练法



图 4-13 吸气阻力训练器

**2. 辅助呼吸肌训练** 仅仅依靠膈肌提供机体氧气需要时，很容易出现膈肌疲劳，患者会深呼吸或者需要人工辅助呼吸，所以对辅助呼吸肌进行训练也是必要的工作内容之一。此处指的辅助呼吸肌主要是指有助于吸气运动的扩张胸廓的肌肉，如胸锁乳突肌、斜角肌等。损伤节段较低的患者除了要训练膈肌外，还可以训练残存的肋间外肌、胸肌、背阔肌等等。用力呼吸训练是一种强调持续最大吸气的呼吸训练，用力呼吸时会调用辅助呼吸肌参与工作。但需

要注意的是过度用力呼吸训练很容易引起疲劳。另外，部分辅助呼吸肌如胸肌、背阔肌、菱形肌和前锯肌等还可以通过上肢运动进行训练。

## 二、改善胸廓顺应性

呼吸功能 II ~ IV 级的患者扩张胸廓的肌肉多有受累，如肋间外肌力量下降，且部分胸腹部受累肌肉还可能出现张力。这些因素都限制了胸廓在主动吸气过程中的活动范围和顺应性，因此需要采用适当的技术松动和扩张胸廓，以提高患者主动呼吸效率。



任何躯干和四肢的主动运动加上深呼吸都可以改变胸廓的活动度，可以维持和改善胸廓在呼吸状态下的顺应性。打开双肩和脊柱前屈的动作分别有助吸气和呼气的作用，结合肢体伸展的呼吸运动能促进肺的吸气深度，结合肢体收缩的呼吸运动能促进呼气深度，呼吸结合可有效改善胸廓活动范围。但一侧胸痛（如肋骨骨折）的患者在吸气时胸廓扩张会受限，影响肺的通气功能，尤其是咳嗽排痰功能。

改善胸廓活动范围的方法有主动和被动两类。主动扩张胸廓的方法包括**空气转移法（Air Transfer Method）**、舌咽呼吸法和主动**胸廓松动技术（Thoracic Loosening Technique）**；被动改善胸廓活动范围的方法包括**常规间歇正压通气（Intermittent Positive Pressure Ventilation, IPPV）**和徒手胸廓牵伸法等。主动胸廓松动技术包括单侧胸廓松动技术、胸大肌和胸小肌牵伸技术、肩带牵伸技术等。徒手胸廓牵伸法可以应用于有 RIPP 禁忌的患者，或可以与 RIPP 联合应用。

### 1. 空气转移法 空气转移法是一种无需肋

间肌参与的独立的胸廓扩张方法。患者主动深呼吸并屏住后，做躯干前屈、后仰和侧屈等动作，促进胸廓内气体流动以增加胸廓局部扩张。该技术最有利于患者自行改善肋间关节活动范围，方便易学。但需注意使用时的风险评估，有肋骨骨折、肋软骨炎、胸椎椎体或附件骨折、胸廓扩张出现疼痛等的患者需密切观测，早期禁忌，后期可根据病情缓慢进行。

**2. 单侧交替胸廓松动技术** 单侧交替胸廓松动技术是患者独自进行的胸廓松动方法，适用于肢体功能较好的脊髓损伤患者，尤其是颈髓不完全性损伤的患者。患者取端坐位，身体向较紧张侧的对侧屈，牵伸活动度较差的组织；然后进行深呼吸，以进一步扩张该侧胸腔。然后让患者把同侧的手握拳并在外侧对打开的胸廓进行挤压，同时身体向同侧屈过来，并完成深呼气动作（图 4-14）。胸廓前伸需循序渐进，牵伸一段时间后，起始动作可调整为身体往对侧屈的同时手上举过头，然后再进行后续动作。主动胸廓前伸技术可降低胸廓附着肌肉的张力，改善胸廓顺应性，降低呼吸阻力。



图 4-14 单侧交替胸廓松动技术

A. 吸气时向较紧张侧的对侧侧屈躯干；B. 呼气时往紧张侧侧屈躯干

**3. 胸大肌和胸小肌牵伸技术** 患者端坐位，双手十指交叉，抱于头后。吸气时双肘水平向外打开，并进行扩胸运动；呼气时双肘内

收，头微向下低，躯干轻度屈曲，并将两肘相靠（图 4-15）。该技术既可有效牵伸或舒缓胸大肌、胸小肌，又可松动上胸廓。





图 4-15 胸大肌和胸小肌牵伸技术

A. 吸气时牵张胸肌；B. 双肘内收以诱发呼气

**4. 上胸廓和肩关节牵伸技术** 影响肩关节的肌肉多止于胸廓上部各骨位置，很多改善肩关节活动范围的运动对促进患者呼吸功能都有重要影响。患者取端坐位，嘱患者在吸

气时双手高举过头（两肩关节前屈  $180^\circ$ ，微微外展），呼气时躯干前屈、双手向下接触地面（图 4-16）。反复进行，可有效提高胸廓顺应性。



图 4-16 上胸廓和肩关节牵伸技术

A. 吸气时双上肢上举，增加胸廓扩张；B. 呼气时双手触地，加强呼气动作

**5. 徒手胸廓牵伸法** 徒手胸廓牵伸法是被动的改善胸廓顺应性的重要物理治疗技术。该法要求治疗师将胸廓按下、中、上三部分分段依次牵伸。患者取侧卧位，治疗师一手置于患者背后，中指指尖触及棘突，另一手置于患者胸廓前壁；当患者呼气时，治疗师通过扭绞等作用使两手接触（图 4-17）。每天进行 1~2 次胸廓牵伸能维持或增加胸廓扩张度。

扩张能力的方法。患者存在气道塌陷时，亦可使用此方法改善肺容积。实施该技术时患者需取仰卧位，予以腹带加压，限制腹腔活动，



图 4-17 徒手胸廓牵伸法

**6. 间歇正压通气法** 间歇正压通气是间断性利用正压通气促进患者吸气能力和改善胸廓

以保证胸廓最大限度地扩张。实施过程中物理治疗师控制气体输入的压力和节奏,起始气压一般为 $5\text{cmH}_2\text{O}$ ,随着训练时间增加,压力值可逐渐增大,最大可达 $40\text{cmH}_2\text{O}$ 。患者若能每天坚持训练,4~6周后胸廓扩张能力达 $6.5\sim 7.6\text{cm}$ 。当患者可以坐于轮椅上并能主动参与某些康复治疗时,可停止RIPP训练。

### 三、排痰训练

对脊髓损伤患者较为脆弱的呼吸系统而言,痰液积聚很容易引起肺通气效率的下降。为了改善通气效率,除了要提高患者呼吸肌力量和学习呼吸技巧外,还应把握肺内痰液的处理技巧。常用的排痰方法包括痰液松动技术、体位引流和改善咳嗽功能。

**1. 痰液松动或清除技术** 脊髓损伤患者呼吸道内分泌物的清除受呼吸功能影响较大,并且由于饮水和环境温度及湿度的影响会导致分泌物黏稠度增大,痰液主动排出非常困难,故在主动、被动排痰前,可在体位引流的同时进行痰液松动。常用的松动和清除呼吸道分泌物的方法有叩击、振动、摇动、主动呼吸循环技术、徒手肺扩张技术、痰液湿化技术和负压吸痰等。



(1) 叩击、振动和摇动法:叩击、振动和摇动胸壁是被动手法松动呼吸道分泌物的重要方法,其作用机制是将力快速规律地作用于患者的胸背部,引起胸廓规律地振动或晃动,间接地松动附着在气管壁与肺泡周围的痰液,促使痰液松动,诱发痰液排出。

叩击时治疗师的手弓成空杯状并在引流肺叶相应部位叩击,治疗师杯状的手掌交替、规律地拍击患者的胸廓。操作时治疗师应尽量放松肩、肘、腕部,叩击可持续数分钟或直到患者需要改变姿势并咳嗽。叩击应避免骨突或女性乳房部位,不宜引起疼痛或不适。

振动一般只用于患者深呼吸的呼气期,常与叩击联合应用以协助痰液移至大气道。施用振动手法时将手直接放在胸壁部并密切接触,嘱患者呼气的过程中快速施加振动。振动是由治疗师从肩膀到手的上肢快速规律性交替收缩产生的。另外,还可以使用超声振动排痰仪或气动振动排痰仪(图4-18)进行。治疗师把超声振动排痰仪的振子置于患者痰液积聚的胸廓外壁,借助振子产生的高频振动使气管、支气管壁上的痰液松动脱落。



图4-18 超声振动排痰仪和气动振动排痰仪

摇动是比振动更加剧烈的气道分泌物松动方法。操作时,治疗师张开双手将其直接置于患者胸廓,手指包绕在胸壁上,操作时同时压缩和摇动胸壁,并在患者吐气时实施大范围推压胸廓并突然释放引起弹跳的动作。

叩击、振动和摇动法和体位引流结合使用,可帮助主动能力较弱的患者清除痰液,排痰效果较好。

但是应该认识到,这些辅助手法不能替代有效咳嗽所能达到的效果,最终需帮助患者尽

量完成有效咳嗽、增加外周运动以促进肺部收缩、纤毛活动。

(2) 主动呼吸循环技术：主动呼吸循环技术 (Active Cycle of Breathing Techniques, ACBT) 是由呼吸控制训练、胸廓扩张训练和用力呼气技术组成的周期性呼吸法，有良好地去除支气管分泌物的作用。一般情况下，一个主动呼吸循环周期由呼吸控制、3~4 次胸部扩张运动、呼吸控制和用力呼气技术组成，其中用力呼气技术又由 1~2 次哈气动作 (Huffing 技术；图 4-19) 组成。主动呼吸循环技术被认为是体位引流和咳嗽排痰技术的辅助方法，适用于呼吸功能受累较轻的患者。



图 4-19 Huffing 技术

Huffing 技术要求患者放松上胸段和肩部，用膈肌呼吸，做好思想准备后进行深吸气，在吸气末稍作维持，随后用力将气体快速哈出，双手可以至腹部施加压力辅助或感受腹肌用力状态。Huffing 技术是有效松动或清除咽部痰液最有效且较为省力的方法。

(3) 徒手肺扩张技术 (膨肺)：徒手肺扩张技术是在患者主动吸气不足时顺行补充吸气，促进患者肺部进一步扩张的物理治疗方法。常用于肺不张患者，气管插管或气管切开者更为常用，使用器械为简易呼吸气囊 (图 4-20)。另外，物理治疗师也可借助徒手肺扩张技术来改善患者的肺活量、松动痰液、增加肺的顺应

性。肺扩张技术对循环功能有一定影响，可使前负荷减少，减少心输出量，还可以增加肺泡 - 动脉血氧分压差，所以低血压、肺大疱的患者不宜做肺扩张治疗。合适的气囊压成人为  $40\text{cmH}_2\text{O}$ ，儿童为  $30\text{cmH}_2\text{O}$ 。



图 4-20 简易呼吸气囊

(4) 痰液湿化技术：黏稠的痰液会固定在气道内壁难以排出。湿润治疗或超声雾化吸入潮湿气体有助于痰液松动，而且气道湿润可减小或解除黏液对纤毛的固定或阻碍作用，提高纤毛摆动和运输痰液的效率。

湿化是指通过湿化装置，将水或溶液蒸发成水蒸气或由  $0.05\sim 50\mu\text{g}$  的小水滴组成的气雾，以提高吸入空气湿度，湿润气道黏膜，稀释痰液，使黏液纤毛运动保持有效廓清能力的治疗方法。需要注意的是，湿化不等于雾化，雾化是药物气凝胶扩散效应。气道湿化和温化是相关联的。主动湿化剂量：绝对湿度为  $33\sim 44\text{mgH}_2\text{O/L}$ ，Y 型管处温度为  $34^\circ\text{C}\sim 41^\circ\text{C}$  (不可超过  $43^\circ\text{C}$ ，以免造成气道灼伤，低于  $34^\circ\text{C}$  则不能达到活跃纤毛的目的)，相对湿度为 100%。被动湿化剂量：最低提供  $30\text{mgH}_2\text{O/L}$  的绝对湿度。主动和被动痰液湿化技术的优缺点见表 4-6。

(5) 负压吸痰：对咳嗽功能较弱，即便经过反射刺激可能仍然无法有效排出痰液的患者，或者在损伤早期、有肋骨骨折、疼痛等因素影响下无法主动咳嗽排痰的患者，负压吸痰是快速有效清洁气道的唯一办法。负压吸痰主



表 4-6 主动和被动痰液湿化技术的优缺点

	优点	缺点
主动湿化	通用	成本高
	可靠性高	使用水
	能报警	冷凝
	温度、湿度范围宽	污染风险高
	温度检测	触电和燃烧的可能性（低）
	达到最大绝对湿度	无过滤器
被动湿化	成本低	并不适用于所有患者
	被动操作	增加死腔量
	用户友好	增强阻力
	无凝结	可堵塞管路
	便携式	不能雾化

要适用于有人工气道（气管插管）的患者。负压吸痰仅能清洁气管和主支气管，对二级以下的支气管痰液进行负压清除需借助肺纤维支气管镜进行。

负压吸痰需经过良好的培训后方可操作。负压吸痰操作不当可致气道损伤或感染，还可能造成缺氧、心律不齐，严重者可引起肺塌陷或肺不张；或因负压吸引时间稍长引起的低氧血症诱发迷走神经兴奋而致心搏骤停，故操作需非常谨慎，必要时可在吸痰前先给氧以避免严重事故。

**2. 体位引流** 体位引流（Position Drainage）是根据重力的原理，通过变换体位的方法促进肺分泌物从小支气管逐级向大支气管方向引流，并排出体外的过程，可有效防止肺萎缩及肺不张。体位引流能提高心肺功能和氧的转运能力，是脊髓损伤患者常用的治疗方法。体位引流和手法痰液松动联合使用称为辅助体位排痰技术。

体位引流一般应根据胸片或听诊提示的病变部位，按肺段支气管走行方向确定体位；也需考虑颅内压增高等禁忌证和患者病情等而采

用改良的体位引流方法，常采取侧卧位、仰卧位和半坐卧位。需要排出分泌物的肺段必须在上方，尽量使支气管处于垂直位。通常下叶分泌物较多时采取脚高头低位，上叶分泌物多时采取仰卧位、半卧位或坐位，左侧分泌物多时采取右侧卧位，右侧分泌物多时采取左侧卧位。在采取特殊体位的同时，扣击病变肺部的胸廓处以促进分泌物松动排出。常用的重力辅助引流体位如图 4-21 所示。

### 3. 改善咳嗽功能的训练

（1）徒手辅助咳嗽训练：颈髓损伤患者腹肌瘫痪，功能性咳嗽能力可能会丧失。在肺部呼吸道分泌物较多且排出困难的情况下，适当的人工辅助可有效帮助患者排出肺部积聚的痰液，改善通气功能。**人工辅助咳嗽（Assisted Coughing）**可使患者的呼气峰值流速最大增加 7 倍，对清除上呼吸道的痰液、异物等有非常明显的效果，是物理治疗师帮助呼吸肌无力患者清除呼吸道异物的重要康复治疗技术。但该技术实施过程中需要患者有良好的主动配合能力，患者要有清醒的认识，所以对有认知问题、昏迷或体能虚弱的患者无法应用。上肢肌



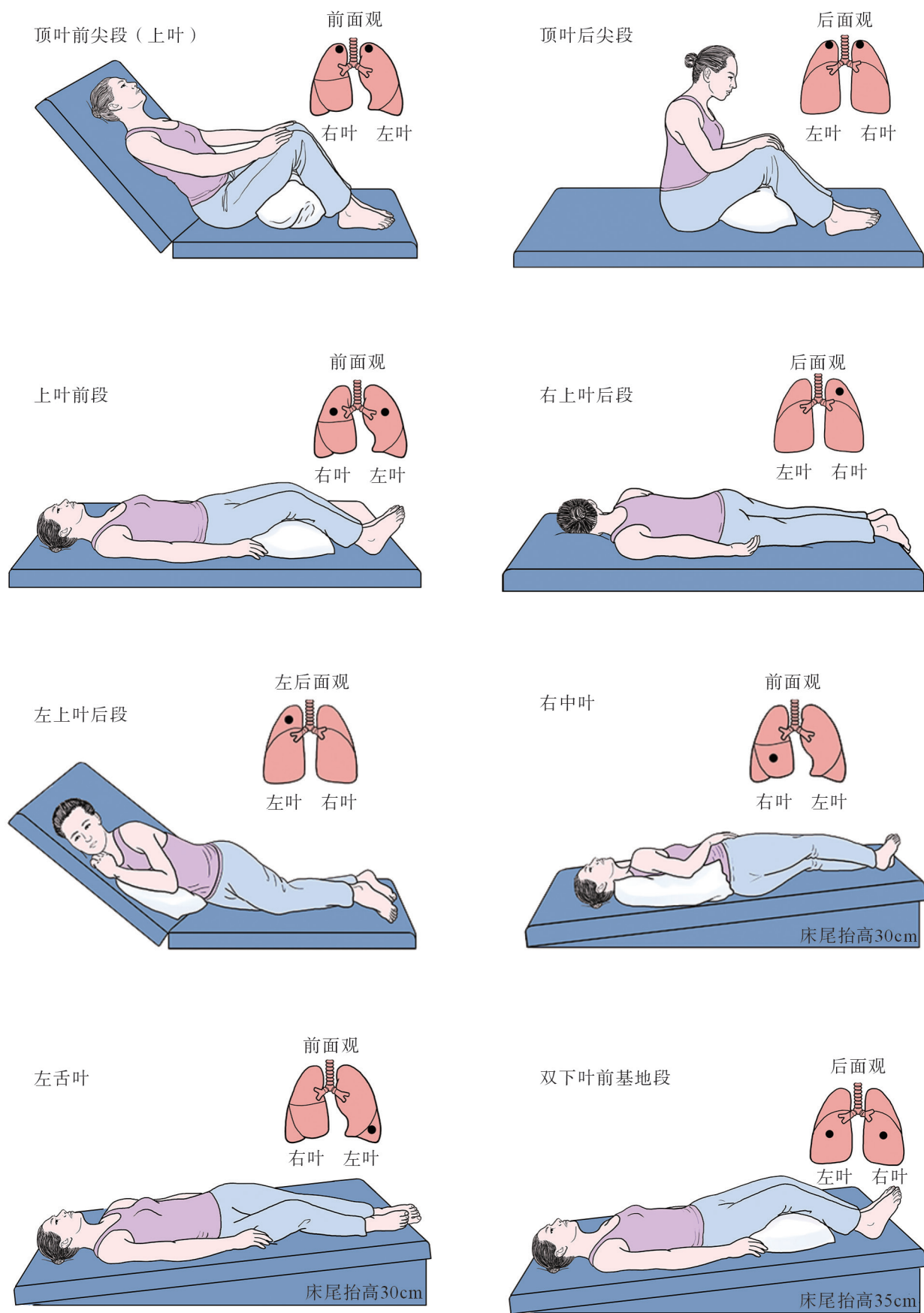
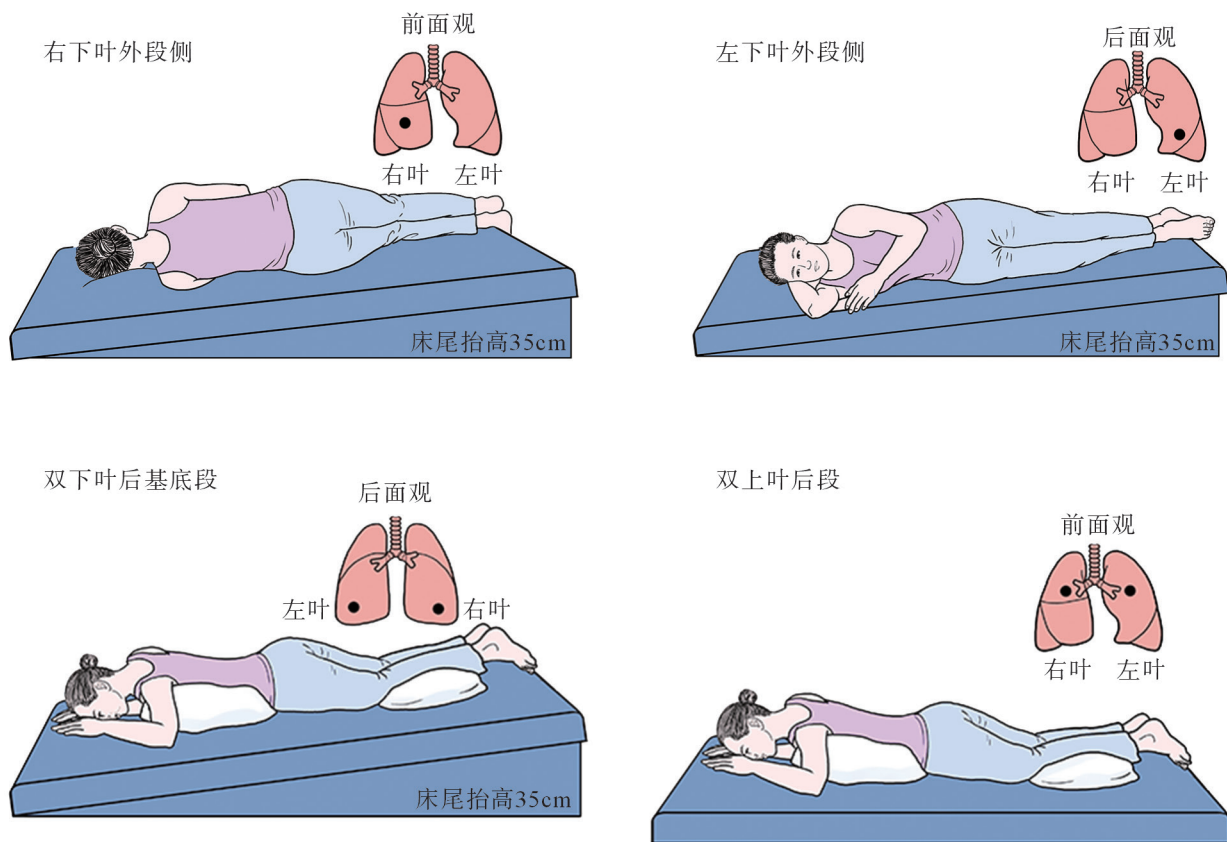


图 4-21 肺部痰液引流的体位摆放方法



续图 4-21 肺部痰液引流的体位摆放方法

肌力保留较好的患者，可以用自己的双手按压腹部完成自我辅助咳嗽动作（图 4-22）。高位颈髓损伤患者使用吞咽式呼吸技术也可增加吸气量，利用胸廓和肺的弹性回缩力也可促进吸入的气体迅速排出而形成有一定功能的咳嗽，但一般都比较弱。



图 4-22 自我辅助咳嗽

人工辅助咳嗽是在患者完成吸气动作，准备开放气道进行咳嗽时，由治疗师迅速对患者胸

廓或上腹部施加压力，增加胸腔内压，提高患者咳嗽时通过气道的气流速度，促进患者完成咳嗽和有效排痰的辅助过程。辅助咳嗽技术中对治疗师用力的时机和技术要求较高，要和患者主动咳嗽动作同步，手法宜柔和迅速。辅助咳嗽技术要求治疗师的手掌按压在患者肋膈角下面的上腹部或（和）下胸廓部，但需避开剑突，一般需 1~3 名治疗师配合完成（图 4-23）。

前述辅助咳嗽是在仰卧位或侧卧位姿势下进行的。若患者坐位时有痰液积聚于上呼吸道内，进行辅助排痰工作就要在坐位姿势下进行，具体操作和哈姆里克（Heimlich）促吐法相似。治疗师位于患者背后，双手从患者腋下绕过并压在其上腹部（图 4-24），配合患者的主动呼吸进行。在进行辅助咳嗽前鼓励患者适当饮水或采用其他方法湿化痰液以松动分泌物，方便痰液咳出；支气管扩张药也有帮助。



图 4-23 辅助咳嗽训练



图 4-24 紧急时使用的辅助排痰技术，类似哈姆里克（Heimlich）促吐法

辅助咳嗽排痰技术应用于肥胖患者有一定难度。儿童、老年人、胸廓僵硬或变形的患者使用辅助咳嗽排痰时也应十分小心谨慎，且该技术严禁用于合并有肋骨骨折或胸腹腔脏器损伤的患者。另外，辅助咳嗽排痰时间不宜安排在进食后短时间内进行，一般于进食至少 1h 后和下次进食前 0.5h 进行。

对于颈椎外伤导致脊髓损伤的四肢瘫患者，在损伤早期使用辅助咳嗽技术要非常谨慎。一般主张药物治疗，只有在必要时才予以手法辅助咳嗽技术；且在施行该技术时，一定要严格固定患者的颈部。可以由他人固定，最好使用颈部保护器具，避免在实施手法或患者咳嗽

时引起患者颈椎部位的剧烈动作。

患者主动吸气或对肺部进行机械充气、增加肺内气体容积是完成咳嗽动作的前提。一般情况下，患者充分吸入足够的气体是形成较大呼气速率进而形成有效咳嗽的重要条件之一。因此，在患者主动吸气能力不足的情况下，使用机械辅助吸气机（图 4-25）是一种有效增加吸气容积的方法，其中呼吸机是提供缓慢的气道正压支持（可以达到  $40\text{cmH}_2\text{O}$ ）最常用的方法之一。在吸入足够量的气体后，再应用刺激诱发咳嗽产生时，压力则迅速变为负压。机械辅助吸气能够使咳嗽峰值流速增加达 3 倍，对清除上呼吸道和咽喉部的异物有良好的作用。



图 4-25 机械辅助吸气机

电刺激肋间肌和腹肌，或者磁刺激支配这些肌肉的胸神经根也可以起到改善或增强辅助咳嗽的效果。胸大肌虽然不是重要的呼吸肌，但在肋间肌和腹肌无力的情况下，对呼气和咳



嗽功能都起着非常重要的作用。如果患者能对胸大肌锁骨部进行积极的抗阻训练,则可能会达到长期改善咳嗽功能的效果。

(2) 气管刺激咳嗽法:对于意识不清、认知障碍、无主动咳嗽意识的儿童等不能配合的患者,可用咳嗽刺激法促进排痰。当患者开始呼气时,将食指或拇指放在其颈部前胸骨切迹上方抵住气管,动作轻柔并坚实地压向气管,可刺激患者咳嗽。当分泌物松动并被移动到上呼吸道时,通过强有力的咳嗽即可排出。

对于气管切开的脊髓损伤患者,也可应用刺激性咳嗽的方法:操作者戴无菌手套,用拇指堵住气管套管3~5s,患者即可出现咳嗽。这种方法对于痰液堆积在大气道的患者效果明显。如果神经肌肉疾病或脊髓损伤患者在刺激情况下仍然无法实现有力咳嗽,或者患者处于深昏迷状态,则需要负压吸痰,运用负压吸引清除大气道的分泌物。

如果患者长期昏迷且需要重复人工吸痰,可以气管造口。这样可提供一个与气管直接相通的通道,而且负压吸痰相对舒适,吸痰效率高。

负压吸痰时可能会因失交感神经支配和低氧血症刺激迷走神经而导致心搏骤停,这是负压吸痰较为少见的并发症,事前做好充分的给氧准备可以避免此类意外事件的发生。同时也要备好阿托品(静脉注射)以备紧急使用。

**4. 体位对四肢瘫患者呼吸和咳嗽功能的影响** 体位改变对四肢瘫患者呼吸功能的影响很复杂,因为体位改变既影响患者肺的通气功能,又影响肺部血流灌注。

对正常人来说,坐姿和卧姿对人体呼吸功能的影响差异不是很大;但对四肢瘫患者来说,两种体位对呼吸功能的影响存在巨大的差异。

正常人坐姿体位下膈肌处于穹隆状,这是由于良好的腹肌张力构建的正常腹压不允许腹

腔内容物下降,不会向下吸引膈肌而致其低平。但四肢瘫患者腹肌无力,不能维持很好的腹内压,坐位时腹腔内容物下降会迫使腹部向外膨隆。并且,随着时间的推移,腹肌会被逐渐拉长,腹部膨隆越来越明显,形成典型的鼓肚皮。膈肌因腹腔压力下降而无法回到应有的高度,会变得低平。低平的膈肌生理优势就消失了,不仅会影响膈肌的长度-强度关系,还会影响吸气时下位几对肋骨的扩张能力,影响吸气量。再者,由于膈肌松弛状态下仍然处于较低水平,因此患者的功能残气量增加,肺活量下降。

而卧姿状态下,正常人在肺通气和肺血流灌注方面虽然有轻度差异,但因机体自身的调节功能良好,换气效率差异不明显。而四肢瘫患者卧位和坐位下通气和换气效率差异显著。四肢瘫患者仰卧位时,腹腔内容物会向腹部两侧流动,腹部相对正常人会轻度扁平且向两侧鼓出,但膈肌并不会像坐位时一样受到腹腔内低压的影响而出现低平现象;膈肌位置和正常人基本相似,腹式呼吸能力差异不明显,这和坐位姿势下的情况有明显不同。

#### 四、肺通气支持和训练

肺通气支持技术包括两种方式,一种是无创通气支持,一种是有创通气支持。一般情况下,辅助通气技术多使用正压通气,很少使用负压辅助通气技术。

无创气道正压支持通过面罩传递正压气体,压力通过鼻腔、口腔、喉咙、气管传递,或者通过插入鼻孔里的通气管到达肺部。

无创气道正压通气可用于有一定主动呼吸能力的患者,但也常用于膈肌瘫痪者恢复期。有一定主动呼吸能力的患者主要在急性过渡期使用以避免有创机械通气,一般可间歇使用。部分患者可持续使用,尤其是夜间使用对预防呼吸系统的并发症有积极作用。主动呼吸



能力较弱或意识丧失的患者在急性期多采用有创气道正压支持。无创气道正压支持一般通过鼻面罩通气，如果患者有呕吐风险，则可能因缺乏主动去除面罩的能力而引起吸入性肺炎或窒息等危险。气道正压支持有多种形式，最常用的有3种：**持续气道正压通气（Continuous Positive Airway Pressure Ventilation）**、双水平气道正压通气和间歇正压通气。双水平正压通气设备可提供高吸气压（达40cmH<sub>2</sub>O），也可提供呼气压（约10cmH<sub>2</sub>O）。

### （一）无创正压通气

**1. 持续气道正压通气** 持续气道正压通气是在患者自主呼吸条件下，吸气相和呼气相均由呼吸机向气道输送恒定的大于吸气压力的正压气流，保证整个呼吸周期气道内持续正压的呼吸方式，是一种无创气道压力支持系统。该设备主要以使用呼吸鼻面罩的方式将持续的正压气流送入气道。一般患者在有自主呼吸条件下，有基本稳定的呼气动力和适当的潮气量，至呼吸周期中人为地施加一定程度的气道内正压，可防止气道塌陷，增加潮气量 and 功能残气量，改善肺顺应性，提高氧合作用。

持续气道正压通气主要用于治疗急性肺不张、呼吸系统疾病、分泌物潴留和需非有创机械通气的肺换气功能障碍患者，也用于治疗睡眠呼吸暂停综合征患者。肺不张、肺部分泌物潴留，以及睡眠呼吸暂停综合征是四肢瘫患者常见的问题，尤其老年患者和肥胖患者。持续气道正压能保证气道开放，防止气道阻塞，利于分泌物排出等。

**2. 双水平气道正压通气** 双水平气道正压通气在呼吸周期中主要被用于提供不同的吸气正压和呼气正压，以保证患者肺通气，是一种定时启动、压力限定、定时切换的通气方式。机器提供的呼气末正压较低，一般为10cmH<sub>2</sub>O，主要是维持气道开放，增加功能残气量，改善

氧合。机器提供的吸气末正压相当于气道峰值压力，一般为40cmH<sub>2</sub>O；根据患者的不同情况可能会有变化，该压力可帮助患者克服吸气阻力、增大通气量、减少吸气做功等。双水平气道正压通气能明显改善患者的潮气量，吸气末压力和呼气末压力差决定了双水平气道正压对潮气量的影响。双水平气道正压的适用人群和持续气道正压通气的适用人群基本一致，且在必要情况下，如患者无自主呼吸时，双水平气道正压通气还可以提供辅助吸气和呼气。

双水平正压通气设备可以提供吸气末压和呼气末压两个水平的气道正压支持。仪器工作时，在患者吸气相内，吸气正压支持会持续增加气流，直到达到预先设定的压力值停止。吸气气流是由患者不自主的吸气尝试触发的，而呼气气流是被动的，一旦吸气动作结束即开始启动呼气动作，且在呼气过程中只要呼气气流存在，就始终保持恒定的呼气压。

大多数呼吸机和双水平通气设备的设置都可调节：①峰值压力/峰值容量上升速度；②如果患者不能主动维持最小程度的自发呼吸，是否能够启动辅助呼吸；③每次呼气或吸气末，吸气压/吸气容量下降速度。

双水平气道正压通气设备因轻巧、便携、使用方便而应用广泛，但不能持续供氧；且提供的吸气压力不高，有一定的局限。另外，大部分**双水平气道正压支持（Bihorizontal Positive Pressure Support）**设备没有预警系统，这对部分躯体运动功能较差的患者来说使用起来还是不能避免特殊的风险。

**3. 间歇正压通气** 正压通气支持可辅助患者改善自主呼吸效率，提供周期性或短期的正压通气支持，对治疗肺不张、肺扩张不完全等有良好的作用，对因疾病导致的通气严重受限或咳嗽功能下降，痰液清除能力严重下降的治

疗作用也比较理想。间歇正压通气能使患者肺部有规律地舒张和回缩,是在吸气期维持正压、吸气末压力降至零的机械通气方式。间歇正压通气可以有效预防和治疗肺不张、肺换气不足和分泌物潴留等问题,对肺和胸壁的顺应性维持也有长远的意义。和其他辅助通气支持技术一样,间歇正压通气也是通过自动检测患者的主动呼吸频率和状态触发机器工作启动。使用间歇正压通气改善肺扩张功能时,应配合使用深而慢的呼吸和吸气末短暂屏气动作,可充分改善肺部扩张不全的区域,扩大肺内气体分布范围。

正压通气支持不宜单独应用于呼吸道大量痰液积聚的肺扩张能力受限的患者,因可能会导致无分泌物的肺叶过度充气,而有分泌物的肺叶充气不足或无充气。此类患者可联合使用湿化治疗和气管支气管黏液清除技术,以达到最佳效果。

## (二) C<sub>1</sub>~C<sub>3</sub> 平面损伤四肢瘫患者通气

**1. 有创机械通气** 大多数 C<sub>1</sub>~C<sub>3</sub> 平面损伤的四肢瘫患者都要行气管切开并插管以维持通气功能。需要长期气管插管的患者生存率较低。国外数据显示,需长期气管插管患者 1 年生存率为 75%, 15 年生存率为 17%。C<sub>1</sub>~C<sub>3</sub> 平面损伤的四肢瘫患者发生肺炎、肺不张和分泌物潴留等呼吸道问题的概率比较高,且主动调节和应对能力极弱,所以死亡率一直以来都非常高。

需长期机械通气的高位截瘫患者一般长期需要大部分或全部生活依赖他人,更需要社会、经济、职业和心理的关怀和支持。目前国内患者出院后几乎都在家中卧床接受护理,护理质量难以保证,患者的生理和心理状态相对都较差,生存质量难以保证。发达国家的高位脊髓损伤患者间歇使用轮椅的频率较高,随身呼吸机和负压抽吸装置适配较为全面,生存质量稍高一些。但总体上,这些患者往往都需要紧急

预警系统和备用呼吸机,以防机器失灵。并且,此类患者不宜独处一处,必须有专人护理。

高位颈髓损伤患者早期的气管插管可能会保留较长时间,这是为了方便患者主动呼吸,降低其吸气耗氧量、增加潮气量,但这会影响其说话功能。由于患者吸气量较小,气管插管口径固定、无法调节,患者不能主动控制呼气时间,所以他们试图发音时动作一般只能固定在短暂的被动呼气相内,表现为发声困难、语音短暂、声调低、声音分辨不清等。气管切开患者的典型发音特点是音调低和吸气时会中断,这严重影响患者的言语功能和交流能力。

**2. 膈肌起搏器** C<sub>1</sub> 或 C<sub>2</sub> 平面损伤的患者可以通过周期性电刺激膈神经起搏膈肌来维持呼吸功能。膈肌起搏器需要通过外科手术把电极植入体内,并通过外在体外的装置器来控制。大多数患者在膈肌起搏的同时要切开气管以方便清除气道内的分泌物,而且便于夜间机械通气。膈肌起搏要有完整的膈神经,因此, C<sub>3</sub> 平面损伤的患者和前角细胞受损的患者不能用膈肌起搏技术。

膈肌起搏的基本原理是通过**功能性电刺激 (Functional Electrical Stimulation, FES)** 刺激膈神经引起膈肌收缩。膈神经元细胞体位于脊髓前角,由颈段 C<sub>3</sub>~C<sub>5</sub> 组成,轴索下行至膈肌。正常情况下, C<sub>3</sub>~C<sub>5</sub> 段膈神经前角细胞是由大脑基底的延髓呼吸中枢刺激核控制的,其他呼吸肌的兴奋亦受其控制调节,电流刺激运动神经可直接引起所支配的膈肌收缩。

膈肌起搏会对呼吸系统产生两种效应。第一种,电流兴奋运动神经纤维,产生神经冲动,向下传到神经纤维末梢,通过膈神经肌肉接头兴奋膈肌细胞,引起膈肌纤维收缩;临床表现为加深吸气,是一种离心性电刺激。第二种,由于周围神经多为混合性神经,在运动神经受刺激兴奋的同时,感觉神经纤维也会受刺激兴

奋,形成的神经冲动向上传至脊髓,经反射机制可间接影响膈肌收缩。支气管平滑肌的肺牵张反射感受器随着电刺激膈神经引起兴奋,再沿迷走神经传入延髓,使呼气中枢兴奋、吸气抑制,吸气转呼气,加速吸气、呼气活动交替;临床表现为补呼气增加,是一种向心性电刺激。综合两种因素,对膈肌训练产生效应,通过体表电极刺激膈神经,促进膈肌规律收缩舒张,加深膈肌移动,从而增加肺通气量,促进二氧化碳排出,改善呼吸道症状和膈肌功能。

使用呼吸机的患者或高位颈髓损伤患者(膈神经完整)可使用体外膈肌起搏器进行呼吸训练。刺激电极置于胸锁乳突肌下端外缘1/3处与锁骨上窝连接点,辅助电极置于锁骨中线与第二肋间连接点。每日进行训练1~2次,每次20~30min(图4-26)。

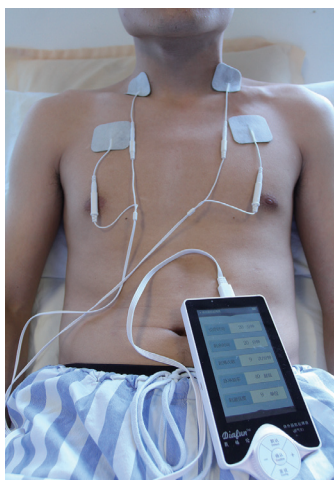


图 4-26 体外膈肌起搏器

**3. 舌咽呼吸** 舌咽呼吸(Glossopharyngeal Breath, GPB)也称为吞咽式呼吸或蛙式呼吸,主要用于C<sub>1</sub>~C<sub>3</sub>平面损伤伴严重呼吸肌瘫痪的患者,为利用口腔和咽腔进行呼吸的特殊呼吸方式。严格说这不属于呼吸肌训练,但舌咽呼吸能增加患者的胸廓扩张度、提高肺容积等。舌咽呼吸是由唇、舌、软腭、咽、喉和声门构成的一连贯动作。该技术的要点就是依靠声门作为吞咽空气入肺的开关。患者每吞咽一口气

体,声门就关闭一次。舌肌和咽肌是舌咽呼吸的动力来源,肌肉活动使整个舌头抵住上颚像活塞一样下压空气,舌头下降至低位时关闭声门,防止气体溢出。每次舌咽肌活动可以输送150mL的气体进入气管。如果这个动作多次重复,每次吸气大概有500mL气体,可有效改善患者的呼吸功能和胸廓活动度。

舌咽呼吸分为三个阶段(图4-27)。阶段一:扩大喉腔,压低软骨,将舌放平,舌尖触牙内面,保持此开放姿势3~5s。阶段二:保持喉部开放(口腔内空间不变),闭唇。阶段三:如青蛙吞虫般,使口腔底部上升到正常位置,吞下气体至喉部,然后咽入气管。每日进行2~3次训练,每次3组,每组8~10个呼吸循环。

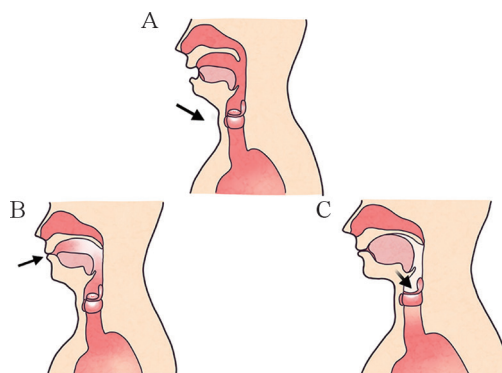


图 4-27 舌咽呼吸过程

A. 阶段一; B. 阶段二; C. 阶段三

舌咽呼吸除了可以改善高位颈髓损伤患者肺活量、咳嗽功能,提高讲话声音外,在必要的时候,如呼吸机故障、更换呼吸机或体位转移(如从轮椅到汽车转移)等需短时间脱离呼吸机时,可作为临时主动维持足够的呼吸功能的紧急方法。但舌咽呼吸是一个很难掌握的技术,且由于比较费力,故难以长时间使用。

舌咽呼吸的主要目的是增加肺容量,维持胸廓活动度,增加咳嗽力量,使患者逐步脱离呼吸机,完成独立呼吸。舌咽呼吸训练的患者



肺活量最高可增加 1000mL。舌咽呼吸技术的实施需要患者有高度积极性，治疗师需经过专业培训，能持久地跟进患者治疗。

### （三）通用呼吸训练

通用呼吸训练包括放松体位下的膈式呼吸和呼吸控制（下胸廓扩张）。初始锻炼为了更好地扩张肺部，仰卧 30° 位可加深呼吸效应。能主动维持直立体位的患者，可在辅助坐、站位下完成呼吸训练，增加心肺输出。但在直立体位训练时，患者需注意放松肩背部肌群，以防变成上胸呼吸模式。

膈式呼吸是经鼻吸气，经口呼气。吸气时鼓起腹部，同时扩张胸廓；呼气时缩唇缓慢呼出气体，胸腹部向回收缩。患者可一手置于胸部、一手置于上腹部感受胸廓和腹部的运动状态，要求吸气时向上顶起手（图 4-28）。需要注意的是，吸气时鼓腹的目的是促进膈肌最大限度的收缩，加深吸气；抬高胸廓的目的不是为了促进提肋功能，而是为了避免屏气动作。膈式呼吸每日训练 2~3 次，每次 3 组，每组 15~20 个呼吸循环，每次吸气末可进行 2~3s 屏气。中间可以稍作休息，避免过度通气。



图 4-28 膈肌呼吸训练

呼吸控制是由于重力和体位因素，患者易出现痰液沉积或下肺不张的情况，因此主动行下胸廓扩张以舒缩下肺的活动非常重要。胸廓主动扩张训练同样需要进行膈式呼吸，鼻吸口呼。患者或家属将手置于下季肋区，患者吸气时用力向外顶手、将下胸廓鼓起（图 4-29）。

每日 2~3 次，每次 3 组，每组 15~20 个呼吸，每次吸气末可进行 2~3s 屏气。



图 4-29 主动下胸廓扩张训练

### （四）增加肺容积

可使用激励式呼吸训练器进行过度通气性训练以增加肺容积。激励式呼吸训练器有助于提高训练效果，但应注意训练时防止呼吸肌疲劳；同时还应防止患者出现耸肩或过度补吸，以免诱发上胸呼吸模式恶性循环。

激励式呼吸训练的目的是通过过度通气达到肺容积增加，预防肺不张。训练的要求是以低吸气流速、适当延长吸气时间，在视觉反馈模式下尽量达到目标流量或更高流量。吸气时要求患者嘴完全包裹吸嘴，不要漏气（气管插管患者可使用连接管把训练器直接连接到插管管口）。吸气时间尽量延长，先让患者关注流速浮标（图 4-30），使其尽可能维持在最低流速格内；再关注流量浮标，努力延长吸气时间，尽量达到相应年龄性别的目标流量值。



图 4-30 通过激励式呼吸训练增加肺容积



## 五、腹部支持

四肢瘫患者腹肌瘫痪无力，患者直立位时，腹部会因为腹腔内容物受到重力作用而下沉，导致身体躯干姿势不良和呼吸功能下降。有一定弹性的腹部支持带（图 4-31）可以改善这些状况。腹部支持带可以弥补腹肌张力的不足，抵抗腹腔内容物的重力作用，使肚子不会向四周鼓出，且在吸气时给腹部一定的空间，允许腹部轻度膨隆；在呼气时弹性回缩力能促进膈肌恢复至正常静息位。研究显示，腹带支持可明显改善颈髓损伤患者的 VC、FVC、IC 等生理功能，其作用和把患者置于不感温水中至肩水平相当。另外，腹部支持带也可以防止腹腔内静脉血淤积，有助于改善下腔静脉回流，这对改善肺部血流灌注有一定作用。

腹带的佩戴要求是上缘要稍包裹浮肋，下缘应将两侧髂嵴包绕在内。若腹带位置过高则影响胸廓抬起，限制患者吸气；若位置过低，则腹部前突，限制膈肌的功能。腹带下部扣带要比上部紧，以起到恰当的支持作用。捆绑的松紧度以束带与腹壁之间能平行插入一个手掌为宜。由于腹带的替代作用，多数患者可以形成足够的腹肌张力。



图 4-31 腹部支持带

## 六、运动训练对脊髓损伤患者肺功能的影响

运动训练对脊髓损伤患者的肺功能和咳嗽排痰能力都有积极的影响，尤其是长期的有氧

耐力训练。但完全性颈髓损伤患者的情况可能并没有那么乐观，主要是因为颈髓损伤患者残留的健全肌肉数量少，即使全部参与运动，对心肺功能的影响也较小，往往很难起到增强心功能的作用。虽然上肢运动对心功能的影响并不像期望中的那么理想，但长期规律的运动参与对呼吸系统还是有一定的积极作用的。

运动训练时患者的呼吸肌和辅助呼吸肌都能得到有效的锻炼。经过长期的训练，患者大多可从中获得益处，不仅呼吸能力较好，吸气量可得到一定程度的改善，呼吸耗能也大大降低。另外，如前文所述，颈髓损伤患者进行上肢运动训练，尤其是肩关节的大范围主动活动能引导胸廓舒缩运动，这对改善患者呼吸功能有促进作用；可提高吸气量，改善咳嗽功能和排痰能力。目前关于颈髓损伤患者上肢被动活动对呼吸功能影响的文献较少，作用也不清楚。

## 第四节 未来研究方向

对于脊髓损伤患者，尤其是颈髓损伤患者而言，呼吸功能康复方面的研究成果还比较有限，很多问题的解决尚无经验可以借鉴。

颈髓损伤患者的肺活量、潮气量等生理指标和主动咳嗽功能等经综合康复治疗都会有一定程度的提高。虽然针对此类患者的治疗在呼吸机制和呼吸生理方面取得的成绩已经有了充分的证据予以论证，但还需进一步临床观察和研究，尤其是有关治疗的长期收益。为了能找到影响长期收益的最佳呼吸康复方案，当前的工作一定要包含严格的短期和长期治疗效果观察。胸壁活动度是影响肺活量的主要因素之一，其中徒手胸廓牵伸和间歇性正压通气也是当前较为常用的两种改善胸壁活动度的技术。但到目前为止，这两种技术的短期作用和长期作用都没有得到严格的数据论证。

四肢瘫患者的睡眠呼吸问题一直是困扰临

床医务人员和家属的问题。患者发生睡眠呼吸暂停或呼吸节律紊乱问题的比例较高，这是目前国际学术研究的热点之一。针对四肢瘫患者的睡眠呼吸问题，应积极研究相关监测指标，仔细比较患者在清醒状态和睡眠状态之间的差异，必要时采取适当的措施予以应对，提高患者睡眠质量。对可能影响患者睡眠质量的诸多因素如疼痛、痉挛和睡眠姿势等问题，应积极尝试吸氧、特殊体位摆放等辅助措施，对结果进行仔细的对照比较并加以研究分析，为降低患者睡眠风险、提高睡眠质量和患者日间参与活动能力开发更多的医学辅助技术。

另外，随着国际残疾人体育活动需求和竞技体育发展的趋势，也需要开展对诸如颈髓损伤这样严重病损患者的呼吸系统功能研究。应用实时能量测定系统检测四肢瘫患者的最大运动能力、对四肢瘫患者最大强度运动时的呼吸代谢能力的研究都已经取得巨大进展。研究发现，积极参与日常生活和运动锻炼的四肢瘫患

者的上肢力量甚至高于非脊髓损伤人群；在运动时达到最大目标心率时，患者的耗氧量也较低。国际脊髓损伤患者竞技体育的发展和普遍运动参与积极性的提高也要求我们在寻找有效的训练方式来改善患者上肢肌力和呼吸储备能力方面做出更多努力。

目前有关脊髓损伤患者呼吸功能评估和治疗的研究较多，今后要广泛开展寻求更有效的康复治疗方法的研究。基于此目的，对四肢瘫患者呼吸的生理、病理和生物化学等方面的研究也应该深入展开，改善治疗方案和恢复机制等循因研究能为不同损伤程度患者的呼吸康复方案提供个性化参考资料。作为与患者直接接触并负有重要责任的物理治疗师必须清楚哪类患者适宜进行专业治疗，哪类患者进行运动训练能有效改善呼吸系统的功能。我们应该继承、总结既往研究中有效的评估和治疗方法，并继续努力研究新的治疗方法。

（蔡可书 王文丽 茅 矛）

# 第五章

## 四肢瘫患者手功能训练

四肢瘫患者手功能（Hand Function）下降带来的负面影响要比截瘫患者下肢不能步行的影响严重得多，这反映出手功能对一个人独立能力的重要性。本章主要介绍不同脊髓损伤平面和损伤程度的患者如何实现手功能的改善，如何借助常见辅助器具进行各项功能性活动，并对可以有效提高手功能的外科手术和功能性电刺激技术进行简单介绍。

本书第三章“脊髓损伤物理治疗的管理体系”对手功能障碍的康复治疗有着重要的指导作用。设计康复方案时，首先要和患者及家属一起讨论治疗目标，且讨论需要和作业治疗师以及负责该患者各方面治疗的团队成员一起进行。设定的目标既要致力于患者各种活动能力的提高和恢复，如使用勺子进食、使用毛巾洗脸、使用计算机键盘和鼠标、使用手机等，还要考虑如何消除患者参与某些活动所受到的限制，提高患者的参与程度，如外出和约会、吃饭、娱乐或回归工作岗位等。总目标确认后，进一步详细鉴别影响每一项活动或能力的各种影响因素，如轮椅结构、亲属和朋友的支持、家庭内或室外社会环境等，而不是仅仅针对某些具体损伤情况如肌力、关节活动范围和活动技巧等进行物理治疗。

四肢瘫患者的手功能状况主要取决于神经损伤程度（参见附录 A）。下面简要介绍一下不同脊髓损伤平面患者手功能的保留情况和恢复预期。

### 第一节 手功能治疗原则

#### 一、C<sub>4</sub>及以上平面完全性脊髓损伤

C<sub>4</sub>及以上平面完全性脊髓损伤的患者无上肢功能保留。C<sub>4</sub>及以上平面脊髓损伤的患者最主要的目标就是预防关节挛缩。由于肢体挛缩会在不知不觉中出现并快速进展，一旦发生将严重影响患者个人卫生和护理；因此，做好预防工作是重中之重的任务。在患者尚未出现明显的肌张力的情况下，对患者四肢各关节进行规律的被动活动可起到良好的预防作用；并且，此时的被动活动对各关节活动范围的要求并不是那么严格。如果患者肢体或手部出现肿胀、肌张力或其他可能引起关节挛缩的因素时，需要及时对症处理。手部肿胀在短时间内就可引起关节僵硬，及时进行向心性按摩、气压治疗、淋巴引流、压力治疗等可起到良好的效果。但对相关肌肉已经出现肌张力的部位，除了需每日进行数次的关节牵伸和被动活动外，还可佩戴矫形器予以预防。预防关节挛缩所佩戴的矫形器不宜对关节进行较大角度的扩展，并需依据常见的关节挛缩特点选配和制作矫形器。所选矫形器的类型取决于最可能出现的挛缩姿势。完全性瘫痪患者手部常见的挛缩体位是掌指关节稍过伸和指间关节屈曲；因此，所需佩戴的矫形器应把可能挛缩的关节固定于相反姿位，即掌指关节屈曲和指间关节伸直位（图



5-1)。功能位或对掌位手矫形器一般不对手部关节造成足够的牵伸，起不到明显预防关节挛缩的作用。如果关节已经出现挛缩，矫形器的适配应根据患者具体问题区别对待。总的来说，要对每个受累关节提供确切的牵伸力。但对已经出现挛缩的关节，矫形器很难改善关节全范围的活动，在使用矫形器的同时还要行每日多次且强度较大的被动活动或牵伸治疗。

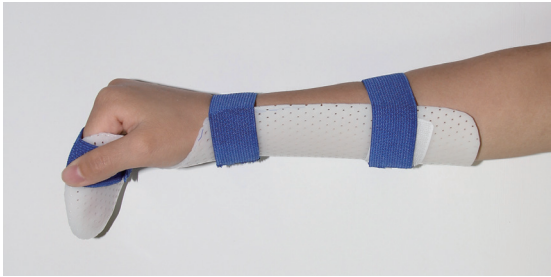


图 5-1 手部抗挛缩矫形器

二、C<sub>5</sub> 平面完全性脊髓损伤

C<sub>5</sub> 平面完全性脊髓损伤患者的肱二头肌基本保持良好的神经支配，肱二头肌肌力达 4 级或以上，可抵抗肢体重力和一般阻力，所以部分患者可以完成手够触脸面部的动作。但 C<sub>5</sub> 损伤患者肩关节周围部分肌肉失神经控制，如

肩内收肌群、后伸肌群和内外旋肌群的力量都有明显的下降，再加上肱三头肌无力，会严重影响上肢的各种功能性活动。对 C<sub>5</sub> 脊髓损伤患者主动功能性活动影响最大的因素是腕、手部肌肉全部瘫痪，无法完成抓握动作，患者只能借助一些代偿性动作实现少量的功能性活动。例如，患者可借助肩关节的内旋功能用双手手腕夹持并捧起水杯（图 5-2），再借助肱二头肌力量完成喝水动作；或单手手掌向上水平托起较小的东西如手机和食物等（图 5-3）。虽然这样的动作可以顺利完成，但由于患者前臂旋转、手腕屈伸和侧屈动作的缺失，也使得患者无法进行更复杂的动作，如水杯或食物凑近嘴巴时的平衡问题。前臂旋后姿势的控制有时会因肱二头肌疲劳而出现困难，如果前臂处于旋前位，手腕就会处于下垂的状态，可借助矫形器具给手腕提供支持保持中立位（图 5-4）。很多患者借助生活辅助器具可实现部分生活上的独立，如使用 C 形助握套固定餐具（图 5-5）或有 U 型夹的餐具进食等，也可以借助握笔辅助具实现书写或敲打键盘等活动（图 5-6）。



图 5-2 C<sub>5</sub> 损伤患者双手捧杯子



图 5-3 C<sub>5</sub> 损伤患者单手托物品



图 5-4 手腕部支持



图 5-5 用 C 形助握套固定餐具



图 5-6 握笔辅助具



C<sub>5</sub> 损伤患者较差的肩周肌肉力量和较小的主动关节活动范围会大大限制他们上肢和手部的功能。另外，还会受限于活动技巧的缺乏，尤其是损伤早期的患者，他们不知道如何正确地使用这些瘫痪的肢体。给他们提供合适的辅助器具、矫形器来补偿某些功能的不足，是高位脊髓损伤康复治疗的重要工作内容。治疗师应根据患者目前的情况、预后和需求等情况综合考虑，给患者适配或制作合适的辅助器具。

### 三、C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 平面完全性脊髓损伤

C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 平面完全性脊髓损伤患者的肩部力量保存较好，手可以轻易地触及嘴部，拇指屈伸肌和其余四指各肌肉瘫痪，腕背伸肌力较好。C<sub>7</sub> 损伤患者会有部分腕屈肌、拇指伸肌和余四指伸肌力保留，可能会对手部功能性活动产生良性影响。因 C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 损伤患者都保存了良好的腕背伸肌力，所以他们主要依赖腕背伸动作引起的“腱式抓握”来完成粗大的手功能活动。例如 C<sub>6</sub> 损伤患者可以借助腱式抓握功能握持用毛巾卷住手柄的牙刷完成刷牙动作（图 5-7），也可以制作或购置牙刷粗柄。本章主要介绍腱式抓握在改善四肢瘫脊髓损伤患者手功能中的应用。另外，手部矫形器、辅



图 5-7 患者借助腱式抓握握住用毛巾卷住的牙刷完成刷牙动作

助器具、电刺激和外科手术也有助于提高这些患者的手功能，在适当的时机可考虑提供给患者。

### 四、C<sub>8</sub> 平面完全性脊髓损伤

C<sub>8</sub> 平面完全性损伤患者上臂和前臂的肌肉肌力保留较好，但手部内在肌肉功能差，拇指和其余四指的活动主要由手部的在外肌肉的收缩完成，表现出手部的屈伸肌力稍差，伸肌表现更差一些。C<sub>8</sub> 损伤患者虽然无需依赖腱式抓握来完成一些手部日常活动，但由于手部骨间肌部分瘫痪的问题，他们的手功能并不是很好，尤其是肌力较弱给他们带来的抓握能力上的欠缺，使得他们握持较重和较大体积物体的能力不足。此时治疗主要针对手指和拇指屈肌、内收和外展肌力，预防关节挛缩，提高手部功能。手部矫形器一般不再使用，但可根据日常生活需要选用一些辅助器具。针对肌力较弱带来的一系列问题还可选用电刺激和外科手术进行治疗。

## 第二节 腱式抓握

### 一、腱式抓握的应用

腱式抓握（Tenodesis Grasp）主要是 C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 脊髓损伤患者常用的一种粗大抓握方式。腱式抓握主要依赖手部瘫痪的拇指和其余四指的屈肌（指浅屈肌、指深屈肌和拇长屈肌）和肌腱在手腕伸展时产生的被动张力来实现。C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 脊髓损伤患者屈伸手指的肌肉瘫痪无力，但腕伸肌肌力良好。患者要抓握某种物品时，先屈曲手腕即可使得手指伸直张开，依靠上肢肘关节的动作可调节手的位置，使手指环绕住物品，然后再行手腕背伸动作就能使手指屈曲握住物品（图 5-8）。先屈曲手腕的动作可降低屈指肌腱张力，同时轻度提高了伸指肌腱的张力，这样就形成了垂腕伸指的动作；然后进行的主动伸腕动作会降低伸指肌腱张力



图 5-8 腱式抓握动作

而增加屈指肌腱张力进而出现手指屈曲运动，这一动作过程就是依赖手部屈、伸肌腱的张力差来实现的。腕关节背伸时，从腕部掌侧通过的屈指肌腱应力增高，而背侧伸指肌腱应力降低，故手指屈曲；腕关节屈曲时，从腕部掌侧通过的肌腱应力下降，而背侧伸指肌腱应力增高，故手指伸直。依靠腱式抓握可以实现粗大的抓握模式和部分手功能，因此应鼓励患者多把手腕置于背伸位，促进手部屈肌腱的轻度挛缩，以更好地利用腱式抓握功能，提高患者独立生活的能力。但要实现这一功能，在损伤早期就应该密切关注患者手部情况，除了对与前臂相同轴线的四个手指予以必要的处理外，还应对患者拇指功能进行评估并做好相应的预防措施。一般针对拇指的预防重点主要是避免在手腕背伸时出现拇指屈曲过多而被握在掌心里的情况（图 5-9A），应尽可能地实现拇指侧捏或指尖捏。

腱式抓握可以实现拇指和食指之间的侧捏或指尖捏动作。C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub> 损伤患者的桡侧腕伸肌残留功能较尺侧腕伸肌多，这为拇指借助人腕动作来实现捏取功能提供了基础。当手腕桡偏时，拇指伸肌腱应力下降，拇指出现内收；手腕尺偏时，拇指伸肌腱应力增高，拇指被动外展。在手腕同时做背伸与桡偏动作时，即可实现拇指腹与食指侧面接触的侧捏动作（图 5-9B）。若拇指处于对掌位再做伸腕动作，拇指指尖就会与食指指尖接触形成指尖捏。腱式抓握的有效程度主要取决于拇指内收肌的伸展能力，拇指内收肌伸展性好就可实现指尖捏，内收肌伸展性差则只可实现侧捏。拇指和食指的接触点还取决于拇指和食指的相对长度和四指屈肌的伸展性。

一般来说，拇指侧捏功能相对容易实现一些，因为侧捏无需精确地控制拇指和其余四个指头的接触点，拇指触及其余各指任何部位

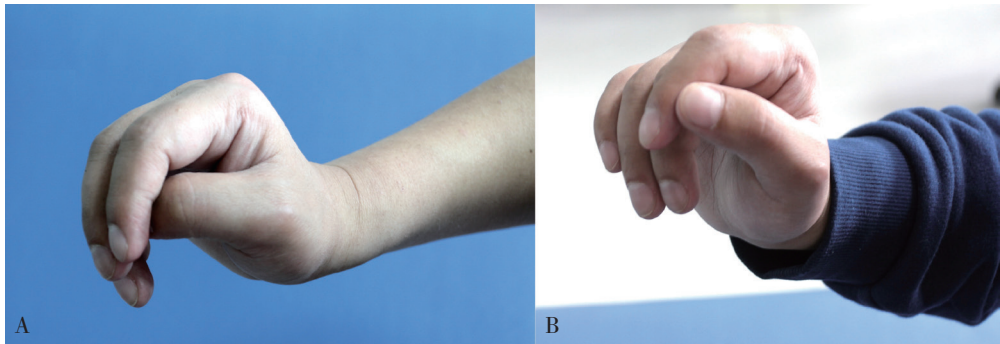


图 5-9 拇指动作表现

都可实现某种形式的抓握。相反，指尖捏要求拇指指尖要精确地触及食指等手指指尖才能实现较为有意义的功能。一旦拇指指间关节呈屈曲状态，或者拇指内收肌紧张，或者内收肌牵伸过度，哪怕微小的过度牵伸都可能造成拇指无法完成指间捏的动作。拇指与食指的指尖捏会比侧捏有更好的控制力，但捏力稍弱一些。对大部分患者来说，一手保持良好的指尖捏功能，另一只手保持良好的侧捏功能是最佳配合状态。

腱式抓握主要用于 C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 水平完全性损伤的四肢瘫患者，但也有些 C<sub>5</sub> 损伤患者也可以保留较为粗大的腱式抓握能力。C<sub>5</sub> 损伤患者的腕背伸肌瘫痪，因此无法依靠手腕主动背伸来实现手指闭合式抓握，然而他们却可以依靠前臂旋后来实现手腕背伸动作。当前臂旋前时，重力会使手腕处于屈曲位，当前臂旋后时，重力会使手腕处于背伸位。依靠前臂旋转动作改变手腕的体位，可进一步实现手的开合动作。由于这一抓握方式完全是靠前臂旋转并依赖重力作用改变手腕位置，故也称为“被动腱式抓握”。但这一名词却不能准确地反映出 C<sub>6</sub> 或 C<sub>7</sub> 损伤患者并非因主动动作实现腱式抓握，而是依靠手部特有的解剖结构被动实现抓握这一实际情况。事实上，C<sub>5</sub> 损伤患者因腕部力量甚微，患者在功能活动时大多需要借助矫形器稳定手腕（图 5-4），因此很难应用被动腱式抓握实现功能活动。

## 二、腱式抓握的促进

### 1. 借助矫形器和胶布贴增强腱式抓握功能

腱式抓握的作用效果常受到手指屈肌腱伸展性的影响而不尽如人意。如果手指屈肌腱过于松弛，腕关节主动背伸只会引起拇指和其余四指轻度屈曲，而无法实现抓握功能。这种情况下要实现良好的腱式抓握“力度”，最好的方法

是缩短手指屈肌腱长度（即降低其伸展性）。矫形器和胶布贴被广泛推荐用于降低手指屈肌腱的伸展性以提高腱式抓握能力，但尚未得到有效验证，并且效果也不明确。如果患者决定选择用外科手术的方式来提高腱式抓握能力，矫形器和胶布贴治疗方案就无需使用了。通常手术的有效性还要看手指屈肌腱的伸展性。一般在伤后 1~2 年肌腱性能才趋于稳定，因此往往很难判断哪些患者适合做此手术；而且即使适合，患者也可能不会选择手术。对物理治疗师而言，最艰难的工作就是因无法确定患者未来的选择而不得不终止或改变之前设计好的手功能治疗方案。

指屈肌松弛会影响患手腱式抓握的效果，而指屈肌过度紧张也会影响手的抓握能力。若指屈肌过度紧张，手指可能呈指间关节屈曲姿势，掌指关节呈过伸姿势或轻度屈曲姿势。在手腕背伸时，指间关节会进一步屈曲，这时即便存在拇指的外展和内收运动也难以实现较好的抓握能力，甚至侧捏都可能会非常困难。

**2. 使用矫形器提高腱式抓握能力的理论基础** 动物试验研究已经证明把肌肉固定在短缩位可促进其挛缩。促进肌腱适度挛缩最好的方法是借助矫形器，甚至使用一些柔性的胶布或绷带，将拇指和其余四指固定于屈肌短缩位。保守的方法是手部固定于休息位，腕关节背伸 15°~20°，掌指关节、指间关节轻度屈曲，拇指与食指桡侧相对（基本同图 5-1，指间关节处略有不同）。此种矫形器使各指屈肌都处于相对松弛的位置，能适当促进屈肌腱挛缩，增强腱式抓握的功能，还能够预防掌指关节挛缩。

稍微激进点的方法就是使用腕背伸矫形器保持腕关节背伸 15°~20°，然后用胶带把手指固定于屈曲握持位（图 5-10）。即把 2~5 指的掌指关节和近端指间关节完全屈曲，远端指间关节可伸直，然后把拇指置于和食指桡侧面



相对的侧捏位置，本法可 24h 不间断使用。手指屈曲位可以促进手指屈肌腱的挛缩，但也会增大近端指间关节屈曲挛缩或慢性损伤的风险。所以用这种方法促进手指屈肌挛缩时应每天进行检查，并且要经常被动伸直近端指间关节。需要注意的是被动伸展指间关节时，要保证掌指关节和手腕关节处于屈曲位（图 5-11），避免牵伸屈肌腱。腕手部多个关节同时做被动伸展活动会造成手指屈肌和肌腱的过度牵伸，这会显著降低腱式抓握的效果。

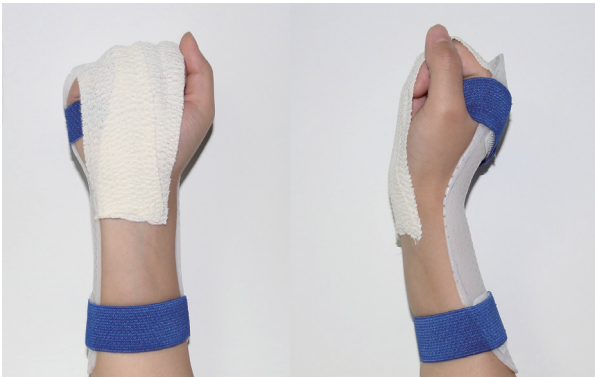


图 5-10 腕矫形器联合胶布贴使用

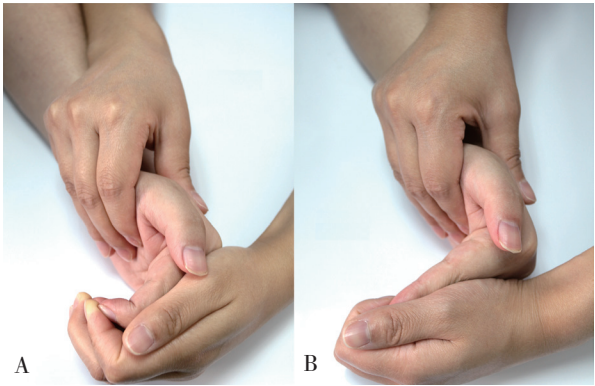


图 5-11 在腕关节和掌指关节屈曲位下被动活动指间关节，以避免过度牵伸屈指肌腱

拇指的被动活动需要特别注意，虽然保持拇指指间关节全范围被动活动非常重要，但拇指的功能表现却和指间活动范围却没有太大关系。相反，如果把拇指指间关节固定于伸直位，则对手的功能有很大帮助，这能保证拇指和食指有良好的接触，而不是弯在手掌心里。实现拇指伸直位“固定”可借助矫形器或胶布固定

的方式实现（图 5-12）。当然，需要注意的是胶布固定不能影响患者手指的血液循环，比较有效的永久性办法就是手术固定拇指指间关节。



图 5-12 用医用胶布固定拇指指间关节促进其关节僵硬

**3. 促进腱性抓握需固定的时间** 对四肢瘫患者，尤其是 C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 脊髓损伤的患者来说，要想实现更好的功能独立能力，手的活动能力还是非常重要的。为了获得理想的手部功能，促进腱式抓握形成是一项重要的工作，在不影响患者功能独立性的情况下，必须用适当的矫形器固定足够长时间才能取得理想的效果。

较为激进的方法是短期内每天 24h 固定以促进手指屈肌腱短缩来实现腱式抓握的目的，但这需要以患者牺牲一段时间的手部活动为代价。较为常用的方法是采取晚间矫形器固定，白天照常使用的方式，既不影响患者的日常生活习惯，也可以尽快改善其手部功能。

通过调节手指肌肉肌腱紧张度来实现有效的腱式抓握所需的时间不能一概而论。可能有很多因素会影响这一过程，如失神经支配、痉挛、水肿、关节僵硬和肌肉肌腱伸展性下降等。即使同一只手的不同手指也可能因不同的肌肉伸展性变化而存在速度的差异。例如患者其余四指屈肌伸展性严重下降，但拇指屈肌却可能不发生明显变化；而且，临床实践也发现，中间的手指较两侧的手指屈肌伸展性要好一些，



食指和中指被动屈曲较轻松，但无名指和小指被动屈曲稍差一些。在给患者适配个性化手功能矫形器时，这些因素都需要综合考虑。如果拇指屈肌伸展性较差，而其余四指非常好，则仅需针对拇指进行适当的控制。一般情况下，拇指屈肌紧张多以指间关节屈曲表现为主，借助连接在腕带上的指环把拇指的腕掌关节固定于屈曲位更有利于促进拇指指间关节伸直位僵硬（图 5-13）。如果食指和中指屈肌伸展性很好，而无名指和小指很差，则建议对无名指和小指进行适当干预。



图 5-13 用指环把拇指固定在屈肌短缩位

动物实验的短期结果显示，定期使用电刺激治疗可加快手指屈肌的挛缩，但该法的临床疗效尚未得到有效验证。

**4. 注意事项** 促进或维持手指屈肌合适的伸展性是保证手功能的重要保障，该项工作需要保持高度警惕。如果处理不好，会严重影响患者手功能，这对仅有部分手功能残留的颈髓损伤患者来说犹如雪上加霜，使其仅有的恢复部分独立功能的机会也被破坏了。所以在前期的康复治疗过程中，应严格注意手部关节活动范围和肌肉肌腱被动活动的治疗过程，但在患者形成有效的腱式抓握模式后，下一步物理治疗的任务就是保护和强化这一功能。除了按照正确的方法保持相应关节的活动度外，一般无需再对手部屈肌进行不当的牵伸训练。但可以定期使用矫形器予以保持，当然，状态较好的也可以不使用。

### 三、不完全性脊髓损伤患者的手功能促进

不完全性脊髓损伤患者的手部功能情况个体差异较大，无法一概而论，主要受神经损伤情况影响。有些不完全脊髓损伤患者手指伸肌瘫痪而屈肌神经支配良好，或屈肌张力显著增高，他们发生指屈肌痉挛或挛缩的风险较高。因此，使用矫形器要注意对关节伸展性的影响，能保持或均衡发展各指屈肌伸展性的个性化矫形器可能更加适合他们（部分患者需要把掌指关节和指间关节固定于伸展位，而更多患者需固定于掌指关节屈曲和指间关节伸直位）。临床工作的重点和难点是对组织伸展性变化的准确预测、个性化治疗方案的制订及对组织伸展性准确的控制，另外还需明确挛缩对手功能的意义。

一般情况下，不完全损伤患者只有在多方努力下，确定无法恢复良好的手部主动活动能力后，方才可以考虑依靠腱式抓握实现其手功能，这对不完全性脊髓损伤患者来说是非常困难的。但无论如何，保持正常关节软组织的柔韧性和活动范围始终都应作为重要的工作。

### 四、常用腱式抓握矫形器

腱式抓握矫形器是为帮助 C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 水平完全性脊髓损伤患者实现抓、握、捏的手部功能而设计，能最大限度提高患者的日常生活活动能力，同时也提高患者和家属的生活质量。患者穿戴腱式抓握矫形器后，通过主动掌屈腕关节或依赖重力使腕关节掌屈，屈肌腱放松及伸肌腱收紧，使各手指张开放到物品上。此时，患者主动伸腕关节，屈肌腱收紧，伸肌腱放松，手指夹住物品，同时随着腕背伸角度的增加，屈肌腱收紧力量增加，手指夹持物品的重量增加；相反，腕关节掌屈时，手指就放松。不同的腱式抓握矫形器能达到的抓握效果不一致，

部分腱式抓握矫形器还能解决患者很多日常生活自理问题或休闲娱乐问题，应根据患者的功能情况和需求而选配或制作。

**1. 恩根型矫形器** 早期的恩根型矫形器由不锈钢金属和高温板材制作（图 5-14），该矫形器将拇指固定于对掌位，带轴的支杆对食指和中指支撑固定的同时还可促进掌指关节的可动性。当患者主动背伸腕关节时，可驱动拇指与食指和中指闭合，从而实现三指捏取和夹持的动作。有人认为长期使用恩根型矫形器可逐渐“训练”出患者“主动”的腱式抓握动作，但这种说法明显不太准确。因为主动抓握意味着腕关节主动伸展的同时还要有各手指的主动屈曲运动，而不是依赖肌腱张力的被动运动机制，事实上要实现这一功能状态似乎不太可能。研究发现恩根矫形器可以起到保护各手指屈肌腱、避免受到牵拉，以及有效降低手指关节伸展性的作用。虽然恩根矫形器能以很好的工作原理为患者提供良好的手部功能改善，使得一些 C<sub>6</sub> 或 C<sub>7</sub> 损伤的患者愿意使用，但其固有的不足之处——笨重、昂贵、金属冰冷、灵活性差、不能最大限度地发挥手的作用等限制了它的发展和运用，现在的使用率相比二三十年前明显降低了许多。

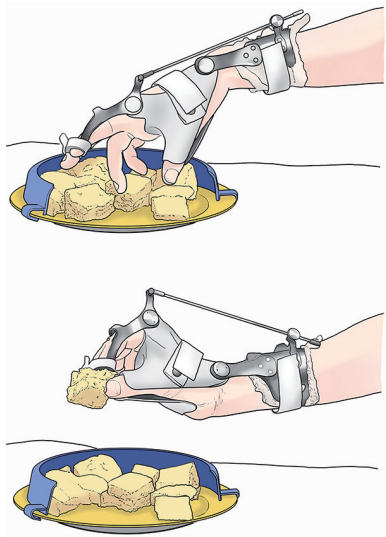


图 5-14 恩根型矫形器

**2. 芝加哥型矫形器** 芝加哥型矫形器同样利用腱式抓握的原理，先用重量较轻的低温热塑材料将拇指固定于对掌位，再用一条带子加强屈肌腱的紧张度，强化手指抓握的功能（图 5-15）。如果患者的手指屈肌腱因治疗或活动不当不慎被过度牵伸，进行腱式抓握时因手指抓握力度不足而无法抓握物品，可利用此矫形器增加手指抓握的力度，甚至能抓握较重的物品。在结构上虽然芝加哥型矫形器较恩根矫形器更为简单和轻便，但其也有一些缺点。芝加哥型矫形器的前臂部分和腕手部分无铰链关节相连，仅有一条带子在矫形器的掌侧连接前臂部后段和手指远端。患者佩戴此型矫形器时和使用恩根矫形器一样，通过背伸腕关节实现手指抓握功能，但因前后两部分无关节相连，如果带子过紧，可能会使两部分相互靠拢而影响腕关节背伸的角度和手指抓握的范围和力度，也会造成皮肤受压和磨损。所以适配时应调节好带子的松紧度，并给患者和家属提供良好的使用技术说明和教育。芝加哥型矫形器最大的特点是制作成本低、重量轻、容易推广。



图 5-15 芝加哥型矫形器

**3. 多功能抓握辅助器具** 多功能抓握辅助器具由低温热塑材料、弹力线、弹力线管等组成，结构上分为前臂部、手掌部、手指部三部分（图 5-16）。前臂部和手掌部使用一个可调节的弹簧圈在尺侧连接，手掌部和手指无固

定连接，弹簧圈轴心同腕关节。该辅助具可稳定前臂和手掌部，允许患者进行主动屈伸活动。弹簧圈的强度较小，在患者试图抓握物品时能允许腕关节借助重力作用有一定范围的垂腕以打开手指，而在患者主动抓握物品时可起到辅助背伸作用。弹簧圈对手腕背伸角度的最大允许值一般设定在  $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。弹簧圈的位置放于腕关节尺侧，主要考虑更符合腕关节正常屈伸的生物力学原理，最大限度地发挥腕关节主动屈伸功能。手掌部为半开放式，主要功能是固定拇指于侧捏位或对掌位，拇指的位置可以通过改变固定带的松紧度进行调节。其次，手掌部允许掌指关节屈曲  $45^{\circ}$ ，以便最大限度地发

挥手指抓握功能。注意，把拇指固定于侧捏位或对示指和中指位时，力的作用点应在第一掌骨处。多功能抓捏辅助矫形器也是使用腱式抓握原理，当患者主动背伸腕关节时，手指屈肌腱和弹力线紧张度增加，可辅助驱动手指完成抓握动作。

多功能抓捏辅助器具不仅能帮助患者完成简单的抓握活动，还可以帮助患者完成刷牙、梳头、进餐、书写等日常活动，甚至可使用计算机、掌上电脑或手机进行休闲娱乐活动，但可能需要在掌心部位增加和所使用的器具形状相适应的附件（图 5-17）。

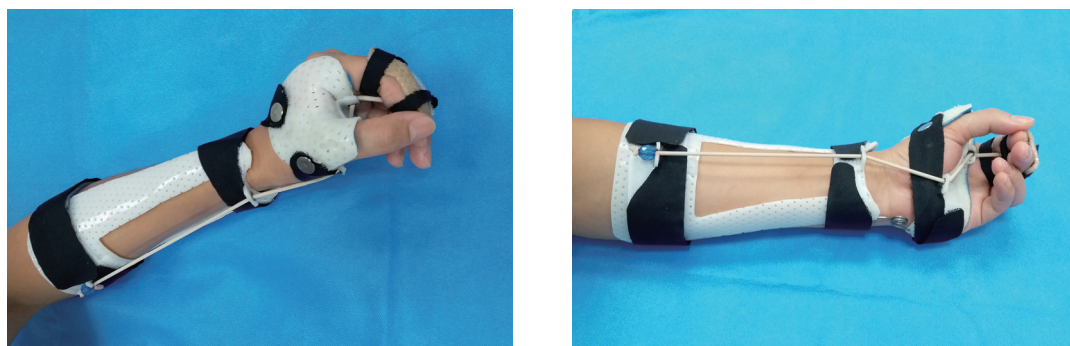


图 5-16 多功能抓捏辅助器具

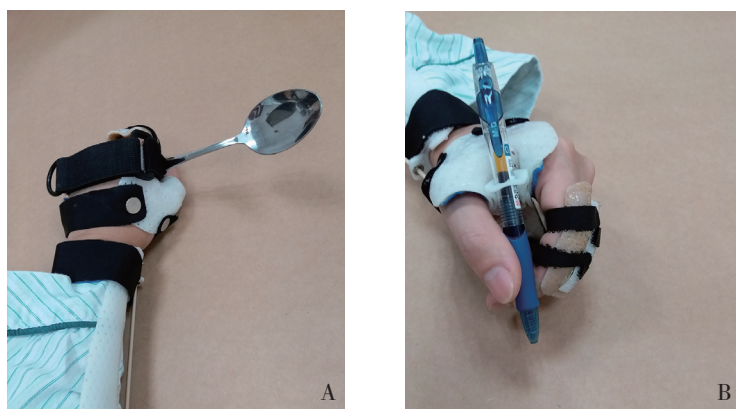


图 5-17 对多功能抓捏辅助器具增加附件以提高日常生活功能

A. 加粗勺柄；B. 增加固定笔的部件

**4. Simon 指环** Simon 指环由拇指部、掌弓部和四指部三部分组成，仅用低温热塑板材制作，结构简单（图 5-18）。Simon 指环

将拇指固定在与其余四指相对的位置，允许手部进行简单正确的抓捏动作，主要适用于手指有一定抓握能力，但拇指灵活性不足的患者。



Simon 指环也适用于部分 C<sub>6</sub> 或 C<sub>7</sub> 颈髓损伤的患者借助腱式抓握原理进行功能活动。该矫形器仅松弛固定拇指和其余四指指间呈功能位，不影响患者背伸手腕时手指屈肌腱滑动引起的指间关节运动，但要求屈肌腱和伸肌腱的伸展性适当才能充分发挥良好的腱式抓握效果。如果患者屈肌腱不慎被过度拉长，穿戴 Simon 指环时的抓握效果不佳，可以先行强化屈肌腱紧张度之后再使用此矫形器帮助完成抓握活动。Simon 指环的最大特点是制作简单、穿戴方便、成本低、重量轻、容易推广。



图 5-18 Simon 指环

### 第三节 手术功能重建和功能 性电刺激技术的应用

颈髓损伤四肢瘫患者的手功能促进是非常艰难的工作，很多情况下使用物理治疗技术或矫形辅助器具都很难获得理想的效果，这些患者可以采用外科手术或电刺激技术来提高他们的手和上肢功能。

瑞典的 Moberg 医生率先开启了利用手术改善四肢瘫患者手功能的先河，他发明了可以使 C<sub>6</sub> 损伤患者实现拇指侧捏功能的手术方式，并得到广泛应用。该手术最大的特点是把拇指指间关节融合并固定各指屈肌肌腱。从 20 年前开始，他和他的助手一起开展了大量精细的手术帮助患者改善手功能，取得了很好的效

果。还有研究团队利用肌腱转接术（Tendon Transfer），即把健康肌肉的全部或部分肌腱转接到瘫痪肌肉上，也获得了比较理想的效果，可以让患者用健康肌肉代替瘫痪肌肉来实现主动运动功能。最常见的两种肌腱转接手术是把三角肌和肱桡肌转接到肱三头肌和桡侧伸腕肌上，提高患者伸肘和伸腕的能力。肌肉和肌腱转接术也可用于提高 C<sub>6</sub> 或 C<sub>7</sub> 损伤患者的拇指侧捏功能，该手术把桡侧腕长伸肌腱转接到瘫痪的指深屈肌，把肱桡肌肌腱转接到瘫痪的拇长屈肌上，可以实现较好的主动抓握功能。

功能性电刺激作为改善手或上肢功能的新一代技术，对改善 C<sub>5</sub> 或 C<sub>6</sub> 损伤的四肢瘫患者的状况有很大意义。电刺激用于提高患者手指抓握和释放的能力，可以使用表面电极，也可以使用内置电极，也可利用表面电极收集患者有主动运动能力的腕或肩部运动肌肉的电信号，调节并释放较强的外部电流对瘫痪肌肉予以刺激，都可实现一定的功能性活动。另外，还可将电刺激系统植入手套或矫形器内部，在佩戴时对重点目标肌肉进行刺激。植入式功能性电刺激设备可通过手术植入患者体内，对目标肌肉施加的电流强度和精度都更高，也能更好地改善患者的手功能。佩戴此类植入式电刺激系统后，物理治疗师的主要工作就是教会患者如何使用这些设备、研究如何优化电刺激参数等。

尽管肌腱转接手功能重建手术和功能性电刺激技术对手功能改善有非常明显的疗效，但因价格昂贵、适用人群范围小、潜在风险大，只有少数患者才会接受这种治疗。另外还有舒适性问题和社会接受程度问题，而且患者一般不愿因单纯提高较少程度的手功能而接受住院并且需要经过较长时间恢复的侵入性治疗措施。

（黎景波 胡思学）



# 第六章

## 截瘫患者转移和垫上活动

脊髓损伤后患者更多的生活内容必须依靠轮椅才能实现。如果患者能学会各种轮椅转移、床上活动，以及一些轮椅生活独立技巧，患者在各种问题的处理和人生发展上都会有截然不同的变化。脊髓损伤平面各有不同，损伤程度更是差异很大，我们难以就每一节段脊髓损伤的康复治疗方法和功能活动技巧进行详细的罗列，而且这些内容在更有创新精神的物理治疗师的努力下会不断丰富。因此本章仅以 C<sub>6</sub> 平面颈髓损伤作为四肢瘫的代表、以胸腰髓损伤作为截瘫的代表，简要地介绍相关物理康复治疗方法和技术，为物理治疗师的治疗提供一些参考。

C<sub>6</sub> 平面颈髓损伤是四肢瘫患者中最受关注的节段，主要是因为 C<sub>6</sub> 是最常见、发病率最高且最具代表性的颈髓损伤节段，C<sub>6</sub> 平面损伤患者肱三头肌麻痹和手部肌肉麻痹的问题对患者的各种功能活动会产生严重的影响，康复训练也有更多的技术技巧和注意事项。T<sub>12</sub> 和 L<sub>1</sub> 平面脊髓损伤是截瘫最常见的平面，这些患者有很好的上肢和手部功能，通过康复训练和日常生活获得更好的上肢、肩胛带和躯干力量和功能，掌握必要的活动技巧也是非常关键的。

一般情况下，脊髓损伤患者需要掌握的关键性功能活动主要有以下几种：无支撑坐位平衡、床上翻身、从卧位向坐位的体位转换、从床到轮椅的转移、从轮椅到汽车的转移等，这些任务在康复训练初期都有相当的难度，此时应给患者一定的鼓励、帮助与保护，提高患者

的信心和勇气。在患者各种功能训练过程中应视其实际能力逐渐融入更多细节动作的处理方法和技巧，甚至有些活动还要考虑患者的身体结构以及其他损伤带来的影响，必要的时候还需尊重患者以前的运动或生活习惯。

### 第一节 无支撑坐位

无支撑坐位（Unsupported Seat）是指患者在无任何外力辅助，或无任何支撑物的帮助，或不依赖上肢扶持下保持平稳坐位姿势的能力。无支撑坐位的实现对脊髓损伤患者来说非常重要，这不仅是为了维持患者坐位平衡的能力，更是患者实现自主转移、进食、穿脱衣物、驱动轮椅或弯腰捡拾物体等其他日常生活活动的功能基础。

不管是损伤早期还是晚期，脊髓损伤患者的坐姿都是很很不稳定的。由于躯干和髋周肌肉的麻痹，在患者重心发生明显变化时，患者通过主动努力恢复稳定坐姿的能力会大大下降，患者坐位弯腰捡物、够取物品、操作器械或拿起重物时会更加不稳定。这种现象在脊髓损伤早期更加明显，此时除了有助于主动调整重心的肌肉无法有效及时地激活和工作外，患者的其他代偿性活动能力也明显不足。例如，患者向前方或侧方够取物品时会改变身体的重心，如果患者不用手去扶旁边的物体，很可能会失去重心而倒下。对正常人而言，重心失稳后人

体的本体感觉和其他平衡感觉系统对躯体体位提供的反馈信息会使患者产生恰当的下意识活动，即反射性地激活躯干、下肢相关肌肉活动，甚至引发支撑反射等，以重新获得躯体平衡。但脊髓损伤患者骨盆、躯干和下肢的本体感觉消失或减弱，无法及时有效地感知自身平衡信息，他们更多地依赖视觉和较为迟钝的前庭感觉提供信息反馈；再加上瘫痪的肌肉无法有效及时产生应答动作，不能及时调动躯干和下肢肌肉活动来维持和调整躯体平衡动作，因而更难以主动恢复平衡。但经过康复训练的患者有较好的自身动作调节能力，他们能在活动中学习新的平衡策略来弥补感觉和主动活动能力的不足。

无支撑坐位平衡的策略，诸如视觉、本体感觉、触觉等感觉功能，以及主动运动功能是正常人群无支撑坐位平衡功能维持的生理学基础。而对脊髓损伤患者来说，这些功能可能有少部分受累，也可能绝大部分丧失。因此，临床康复治疗中需要寻找方法和策略来提高患者的主动平衡能力。

### 策略一

长腿坐位（Long Seating）可以有效利用



图 6-1 长腿坐位平衡的保持

以上两种因腘绳肌张力或紧张度不合适导致患者无法维持独立坐位平衡的情况给我们的早期康复治疗提出一些必要的要求。在脊髓损伤急性期，为了保持患者各关节的活动范围，

腘绳肌的紧张性来维持身体平衡。脊髓损伤或躯干肌瘫痪患者长腿坐位相对较为容易（图 6-1），保持平衡的能力也较好。那是因为虽然患者腘绳肌瘫痪，但在长腿坐位时屈髋伸膝姿势下腘绳肌因被动牵拉而出现紧张状态，腘绳肌的张力会传递至骨盆而产生伸髋和后倾骨盆的扭力。这一扭力可起到阻止躯干前倾的作用，患者只需前倾躯干维持身体重心落在髋关节前方就不会向后倒下。这一坐姿策略主要依赖腘绳肌适当的柔韧性和紧张度。如果腘绳肌非常紧张，柔韧性很差，患者长腿坐位时髋关节无法足够屈曲到使身体重心落在髋关节前方，患者就会后倾倒下。这种情况下，即使患者尽力屈曲躯干和头颈有时也是毫无作用的，因为后倾的骨盆带动躯干后向旋转的扭力很难克服。相反，如果患者的腘绳肌柔韧性非常好，则被动拉长时张力会很低，他们在长腿坐位时缺乏腘绳肌对骨盆的后倾控制力，骨盆很容易因上部躯干重心较为靠前而出现身体前倾倒下的现象（图 6-2）。这两种情况下患者都必须使用上肢支撑床面来维持躯干直立体位，无法实现长腿坐位下的上肢自由活动。因此，该体位下的独立生活能力较差。



图 6-2 腘绳肌松弛的患者很难保持长腿坐位平衡，身体容易向前倾倒

我们会给患者进行上下肢各关节的被动活动，但在进行膝关节被动活动时应该注意尽量避免过度牵伸腘绳肌，避免因腘绳肌牵拉引起的骨盆运动对脊柱骨折处产生传导应力影响。一般

情况下，患者髋关节的被动活动范围不应该大于  $90^{\circ}$ 。即使在恢复期，针对腘绳肌的牵拉活动也应该有控制地进行，严格避免腘绳肌被牵拉致过度松弛而失去维持长腿坐位平衡的作用。这些问题在康复宣教工作中必须告知患者、家属和照护人员。

## 策略二

借助上肢稳定躯干于直立位。患者在膝关节屈曲状态下维持坐姿时，腘绳肌是松弛的，因此对维持坐姿没有明显帮助作用，平衡功能要比长腿坐位时困难一些。背阔肌、胸大肌、前锯肌、菱形肌等肌肉均联系着躯干与肩胛骨，一般情况下它们不承担稳定躯体姿势的作用，但当躯干肌如腹直肌、腹内斜肌、腹外斜肌、腰大肌、骶棘肌等瘫痪时，患者往往会用上肢或手支撑于其他物体上为躯干提供良好的支持和稳定（图 6-3）。此时这些肩带肌肉就会承担部分维持身体姿势的作用。这就可以很好地解释为什么  $C_6$  损伤的患者较  $C_5$  损伤者有更强的独立能力了。 $C_6$  颈髓损伤患者的肩周肌肉有一定的力量，而  $C_5$  颈髓损伤患者肩周肌肉力



图 6-3 双手扶持以维持床边坐位平衡

胸段脊髓损伤患者和  $C_6$  颈髓损伤患者一样，也需借助补偿性姿势调节活动维持独立坐姿，但对这种调节活动的依赖要小很多。补偿性姿势调节活动并非与生俱来。正常人在日常生活中也会获得一些补偿性姿势调节技巧，但

量残留较少。因此， $C_5$  损伤患者即使借助上肢的帮助，他们维持稳定坐姿也有一定困难，更无法实现其他功能活动，而  $C_6$  损伤患者可单手支撑维持坐位平衡，另一只手完成一些功能活动，甚至有些患者可实现仅借助上肢补偿性姿势调节即可完成坐位平衡，这样就能实现一定的独立活动能力。一般情况下，正常人的姿势调节活动幅度非常微小，而脊髓损伤患者常需较为夸张的姿势调整策略才能充分弥补躯干和下肢肌肉失能带来的平衡调节能力不足。补偿性姿势调整活动大多是依靠肩和头颈部活动来实现的。例如，正常人坐位下小幅度侧方够物时，躯干向该侧侧屈，而颈部可不向相反的方向侧屈，只有在较大幅度侧屈够物时才会出现明显的颈部向对侧侧屈或外展对侧上肢，这样可减小身体重心的偏移幅度。而颈髓损伤患者在躯干摆动导致轻微的重心偏移时都需头颈或上肢的补偿性姿势调整活动来恢复平衡，患者在前屈身体够取前方物品时，不仅会后伸对侧肩关节，还会用力后仰头颈来重获平衡（图 6-4）。



图 6-4 颈髓患者依靠头颈动作来平衡身体

由于维持身体各种平衡的肌肉活动正常，这种补偿性动作的幅度一般较小，不足以弥补脊髓损伤带来的姿势性肌肉活动能力的缺失。而康复训练能充分调动患者的这一主动姿势调整活动，实现更多的主动平衡能力。脊髓损伤或躯



干肌肉广泛性瘫痪的患者很难坐稳，尤其是 C<sub>6</sub> 及以上颈髓损伤致四肢瘫痪的患者更加困难，他们不仅失去躯干和下肢肌肉的主动收缩能力，也没有多少能力在他们身体失去平衡时伸出上肢实现补偿性姿势调整活动，更难以伸手抓住东西来维持平衡。C<sub>7</sub> 颈髓损伤患者肱三头肌瘫痪，这也会限制患者快速伸出上肢完成保护性支撑动作；即使能够伸出上肢，也要维持在特定的角度或姿势才能保证有支撑作用。而且，瘫痪的手部也无法有效抓握住物体来稳定自身。因此，训练患者补偿性姿势调整活动是必要的，训练开始阶段，动作幅度宜小，在患者掌握一定的动作技巧后可以加大重心偏移范围。一般情况下，经过长期康复训练后，大部分患者都能学会用补偿性姿势调整策略来维持坐位平衡。

### 策略三

腹部支持带对维持患者坐位平衡也有一定的作用。在人体躯干部分，上半部分由胸椎和肋骨等组成的胸廓组成，形成牢固稳定的桶状结构，故胸椎部分一般不会出现较大范围的活动。如果患者损伤平面在 T<sub>8</sub> 以上，则腹肌和腰肌是无力状态，用以对其上部体重提供支撑作用的有效结构即为周围肌肉提供稳定与支持作用的腰椎椎体序列失去。这一负荷对腰椎相

当具有挑战，腰椎常会因为自身节段性力量保护而出现脊柱侧凸。更加常见的现象是在坐位时出现腰椎前屈，患者腹部向四周膨隆（图 6-5）。如果给患者佩戴腰围或腹部支持带（图 6-6），可以把腹部束缚成为桶状结构；这样的桶状结构就像空气柱一样可以帮助腰椎支撑上部身体重量，就可以平衡腰部前后的支撑状况，同时也可以改善患者的坐姿和无支撑坐位平衡。

### 其他策略

座位设计（轮椅选择）和坐垫对坐姿的影响也是需要关注的。一般认为软质座面不利于高位脊髓损伤患者的坐位平衡和良好坐姿的维持，一些充填凝胶、空气或液体的坐垫比较柔软，患者坐于其上的平衡难度相对坐于硬质座面要困难一些，但这只是在普通情况下的表现。足球轮椅的座位设计有较大幅度的后倾角，患者坐在上面的时候膝盖明显高于髋关节，这对患者腰椎前倾的趋势有一定的缓和作用。如果再给患者配备有符合其臀部和腿部弧度的软质坐垫，尤其是与臀部和腿部的凹陷弧度密切贴合的坐垫，不仅可以良好地分散支撑面的压力，有效预防压疮，而且对维持患者独立坐位平衡也是非常有帮助的。另外，靠背高低、靠背角度对患者的独立坐姿和坐位平衡都会有一定的影响。



图 6-5 T<sub>8</sub> 以上脊髓损伤患者直立体位时腹部向四周膨隆



图 6-6 佩戴腰围或腹部支持带



第二节 垫上翻身

学会翻身有助于患者进行床上自主翻身减压、起床或穿脱衣物等活动，这一动作也是患者开始离床活动的基本动作之一，几乎是所有主动活动的必要准备。所以患者应在骨折愈合良好、躯干支持和固定充分等病情允许的情况下及早进行主动翻身活动。患者主动垫上翻身动作主要参考以下几种策略。

策略一 利用惯性作用

正常人只需把左侧的上肢从身体上方向对侧伸过躯干，旋转并屈曲头颈，然后再借助躯干旋转和下肢屈曲等动作就可以完成躯干的旋

转翻身，甚至只需要部分动作就可以实现翻身活动。但胸髓损伤或下颈段脊髓损伤的患者无法借助躯干和下肢肌肉的帮助，他们只能借助头部、上肢和肩带活动实现翻身。他们的主要翻身方式是快速摆动上肢到身体对侧（表 6-1，图 6-7），产生的角势能向下顺序传递到躯干和下肢，带动下半身完成翻身动作。下肢和头的位置会影响翻身的难度，如果翻身前把患者双脚交叉摆放（对侧脚在上），头颈主动屈曲离开床面并随手一起转动，会使翻身更加容易一些。若躯干肌肉张力较高，则会减小上半身转动中角势能的向下传递，会使得翻身困难一些。

表 6-1 C<sub>6</sub> 损伤患者床上翻身动作分解

	动作分解 (向左侧翻身)	训练策略
 图 6-7A	1. 摆动前期 · 双手掌根紧紧相对，头部和双上肢转向对侧	优化训练条件： · 两手腕或掌心可绑缚一适当重物 · 可使用伸肘矫形器
 图 6-7B	2. 摆动 · 头和双上肢同时用力摆过来，并摆过躯干	· 躯干下可垫一枕头，双脚踝交叉放置，引导侧骨盆可屈髋 45°，肘关节可使用伸直矫形器

C<sub>6</sub> 以上颈髓损伤的四肢瘫患者自主翻身会更加困难。C<sub>6</sub> 颈髓损伤患者肱三头肌瘫软无力，不能保持肘关节伸直，患者在摆动上肢时肘关节会因重力作用而弯曲下去，不仅大大减小了旋转角势能，还很可能击到自己的面部。如果

患者双手掌根贴紧并互相推挤（图 6-8），则可维持双上肢同时伸展动作，然后共同转动并带动躯干旋转。双手推挤动作可避免肘关节在摆动过程中屈曲落下，这样就可能产生足够的旋转势能从而完成翻身动作。



图 6-8 双手互相推挤可防止肘关节垂落，也能增加上肢的旋转势能

### 策略二 利用上肢力量

如果患者自身主动运动条件较好，可以使用更为简单的方法实现床上自主翻身。若患者的手有一定的抓握能力，可以用手抓住同侧床沿、栏杆、床单等，也可以穿过身体抓住对侧的床栏杆、床单或床沿等实现翻身动作。肢体力量较差的患者也可以利用双手共同努力完成翻身动作。如果患者的手没有足够的抓握能力，如 C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub> 平面损伤的患者，无法抓住栏杆、床沿或床单等物体，或即使手部有一定抓握能力，但力量不足的患者，如 C<sub>8</sub> 平面损伤者，无法抓得住物体，那么他们借助这些固定物完成翻身的能力是不足的。此类患者可以把肩关节外展 60°~90°，前臂穿过栏杆，勾住栏杆后用力屈曲肘关节并内收肩关节即可完成向一侧翻身的动作（图 6-9）。在患者上半身转至额状面与床面垂直时，仍要进一步旋转，以便带动尚未完成反转的躯干和下肢顺利实现全面的翻身动作。C<sub>6</sub>~C<sub>8</sub> 颈髓损伤患者借助此策略可以顺利实现自主翻身，但 C<sub>5</sub> 颈髓损伤的患者就会出现一定的困难，尤其是肥胖患者或躯体较宽的患者。因为该翻身动作除了有肘关节屈曲动作外，还需要有相当的肩关节水平内收动

作，该动作主要的主动肌是使肩关节内收的胸大肌和三角肌前部。胸大肌受 C<sub>5</sub>~T<sub>1</sub> 脊髓神经平面支配，三角肌前部受 C<sub>5</sub>~C<sub>6</sub> 脊髓神经平面支配。C<sub>5</sub> 平面损伤患者的胸大肌只有锁骨部有部分肌力保留，三角肌前部也受影响，因此患者水平内收肩关节辅助翻身的动作会有困难，即使在床上借助栏杆的帮助也可能会失败。

虽然我们一再鼓励患者早期即开始进行床上主动活动，但进行翻身动作时应谨慎，这主要是针对脊柱骨折患者而言的。如果患者脊柱骨折，即使已经有外科手术固定，患者的主动翻身动作也应该轻缓地进行，尤其是在早期，应避免借助上肢摆动的惯性作用翻身。这样可以较好地保护骨折部位使其不受脊柱扭转应力的影响。另外，避免早期自主翻身动作对预防脊柱骨折部位的疼痛也可能有重要意义，尤其是胸腰椎骨折患者。



图 6-9 床上翻身动作（前臂插入床边栏杆）

## 第三节 卧坐转移

从卧位向坐位转移的能力非常重要，该能力直接影响着患者穿脱衣物和空间转移动作的实施质量。如果使用可以帮助患者坐起来的电动床，独立卧坐转移能力的急迫性就会相应减低。一般情况下根据患者活动目的卧坐转移可

分床边坐起和床上坐起。床边坐起常见于患者起来后就直接向轮椅或凳子上转移，而床上坐起常见于早晨起床，患者需要穿衣裤时。

### 一、床边坐起

患者若想床边坐起，需先翻身至侧卧位，然后稍卷曲躯干，用手把下肢向床边拉，至两小腿垂在床边，然后双上肢配合用力推床面从床边坐起来（图 6-10）。这种方法虽然繁琐，但对上肢和手功能较好的患者来说较为安全和方便。即便患者上肢和手功能不太好，只要想办法把小腿部分移出床边外（如 C<sub>6</sub> 损伤患者可用手腕背伸把下肢勾起来的方式把小腿移出床面），再用上肢推着身体坐立起来，也会比下肢放在床面上轻松。



图 6-10 床边翻身坐起

### 二、床上坐起

脊髓损伤患者床上卧坐转移有两种基本的方式。

**1. 翻身推坐起** 床上翻身推坐起相比床边坐起稍困难一些。患者需先翻身到一侧，然后撑起双上肢，用肘或手支撑躯干重量，双肘或双手交替向脚端移动，在躯干与下肢呈 60°~90° 时推坐起来。如果患者上肢伸肌力量不足，如 C<sub>6</sub> 平面损伤，则肱三头肌无力，从侧卧位坐起进行上肢推床面的动作时困难更大，因为患者还要考虑如何保持肘关节伸直而不会突然塌陷下去。患者在主动翻身至侧卧后，转动躯干至双肩与床面平行位（躯干上半段呈

俯卧位）。然后用肘支撑的方式向脚端交替“步行”，在躯干与下肢呈垂直或者更小角度后，用上位的上肢单肘支撑，头肩尽量转移并压过来，使下位的上肢肘部离开床面。然后换为手撑在床面上，内收内旋肩关节，即可锁定肘关节于伸直支撑身体。接下来再把头肩转向该侧，腾出另外一侧上肢，用同样的方法共同支撑躯干，然后双手交替靠近双腿即可坐起（表 6-2，图 6-11A、B、C、E）。如果躯干屈曲活动范围不足，或者上肢力量较弱，又或者上肢交替后退出现平衡困难，患者可在下位上肢伸直后，用上面的上肢手腕勾住同侧（上面）的下肢，并用力勾拉（图 6-11D）使躯干向对侧倾斜。同时，撑在床面的手一步步向前移动，直到把躯干推至长腿坐位。但要注意的是，若想实现长腿坐位，对患者的腘绳肌张力或紧张度有一定的要求。如果腘绳肌张力不高，患者转至长腿坐位相对容易，如果腘绳肌紧张度较高，患者即使已经坐起来了，也会出现再次向后倾倒。所以，采用这两种方式坐起时，患者都要努力向前倾身体，避免后倾。

**2. 直接后伸上肢后伸推坐起** 另外一种床上卧坐转移的方式是从仰卧位坐起来。患者仰卧位，头颈屈曲抬起，双肘用力向后撑住床面，然后交替进一步后退，再分别伸直肘关节即可撑起躯干到坐位。如果患者腹肌瘫痪，从仰卧位坐起会有少许困难。若为颈髓损伤四肢瘫痪（如 C<sub>6</sub> 损伤）则更加困难。四肢瘫痪患者从仰卧位直接坐起需先把双手（包括腕部）插入腰间后部或裤兜内，抬起头颈。然后双肩内收后伸，在上半躯干离开床面后，双肘交替继续后伸。在上臂与床面垂直后，头颈向右侧旋转并少许侧屈，使上半身重心落在右侧上肢，左侧上肢抬离床面并向后摆动，肘关节被动伸直，掌根撑在床面上，然后再向左侧转移身体重心。用同样的方法把右上肢伸直并支撑于床



面上。其后，双上肢一边用力保持肘关节伸直状态，一边交替向身体靠近，直到可以坐立起来（表 6-3，图 6-12）。C<sub>6</sub> 损伤的患者直接

从仰卧位坐起来不仅需要良好的肩带肌少量，还要求肩关节保持足够的主动活动范围和较好的肘关节锁定技巧。

表 6-2 C<sub>6</sub> 损伤患者从卧位翻身坐起的转移过程


	动作分解	训练策略
 <p>图 6-11A</p>	1. 翻至侧卧位	优化训练条件： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 双手互相挤压，摆动翻身</li> </ul>
 <p>图 6-11B</p>	2. 上半身抬离床面并旋转躯干 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 右侧（下方）上肢沿着床面向上，躯干继续旋转至半俯卧位，双侧上肢互相协助，用力内收使上半身离开床面，并把右侧肘部向躯干下方收回</li> <li>• 躯干旋便于上肢保持支撑</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 胸廓下面置放一枕头</li> <li>• 动作需反方向练习</li> </ul>
 <p>图 6-11C</p>	3. 双上肢交替撑起躯干并侧身坐起 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 左手置于身体前方，帮助右肩控制躯干位置，防止向前或向后倒下，并逐渐从身体前方向脚端挪动</li> <li>• 两上肢交替移向足端</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可在胸廓下方垫一枕头</li> <li>• 为降低难度，可双肘支撑躯干并向脚端移行</li> <li>• 支撑时手指弯曲，避免过度牵拉手指屈肌腱</li> </ul>
 <p>图 6-11D</p>	4. 用左侧手腕背侧钩住左大腿部 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 背伸左侧手腕，钩住左侧大腿外侧靠近膝关节处后方。</li> <li>• 外侧并拉向躯干，同时左侧屈头颈和躯干，然后右手逐渐移近臂侧前方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 如果双肘支撑，则先双肘向脚端移行至躯干约与下肢呈直角后再交替伸直时关节推床面坐起来</li> <li>• 需反方向重复练习</li> <li>• 肘部下方垫以枕头等</li> </ul>
 <p>图 6-11E</p>	5. 坐直 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 右上肢保持支撑，左手调整双下肢位置并坐直</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 躯干保持适度前倾</li> </ul>



表 6-3 C<sub>6</sub> 损伤患者从仰卧位直接坐起的转移过程

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-12A</p>	<p>1. 固定双手位置</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>肘关节屈曲, 肩关节外展、内旋, 前臂旋前, 双手掌心向下插入腰部下面</li> </ul>	<p>优化训练条件:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>头可适当后仰, 抬高肩部, 便于肩关节旋转到位</li> <li>双手背和手腕部抵住腰部</li> </ul>
 <p>图 6-12B</p>	<p>2. 抬起上半躯干</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>头颈屈曲</li> <li>肩关节内收、后伸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>肩关节用力向后, 如果向下用力会使身体向头向滑动而落下去</li> </ul>
 <p>图 6-12C</p>	<p>3. 重心转移, 伸直一侧上肢</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>头颈向一侧(右)侧屈, 单侧肩肘保持平衡</li> <li>另一侧(左)上肢摆向后方, 并外旋肩关节, 手掌撑于床面</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>头颈侧屈</li> <li>单肘支撑并保持平衡</li> <li>上肢向后摆动, 并外旋位支撑于床面</li> <li>掌根着地</li> <li>手指屈曲, 避免过度牵拉屈指肌腱</li> </ul>
 <p>图 6-12D</p>	<p>4. 反向重心转移, 伸直另一侧(右)上肢</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>头颈屈向已伸直上肢侧(左), 把另一侧(右)上肢伸直支撑于床面上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重心转移</li> <li>单上肢支撑和平衡</li> <li>另一侧上肢后摆支撑</li> <li>掌根着地</li> <li>手指屈曲, 避免过度牵拉屈指肌腱</li> </ul>
 <p>图 6-12E</p>	<p>5. 坐直</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>双上肢交替向前移动, 把躯干推坐起来</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重心交替转移</li> <li>双手交替前移</li> <li>保持肘关节过伸位</li> <li>头颈可保持前屈位</li> </ul>

## 第四节 垂直撑起

垂直撑起是脊髓损伤患者完成轮椅与床、轮椅与便器、轮椅与汽车坐椅等之间转移必须具备的基础动作。患者要垂直撑起时需双手置

于两侧髋关节附近, 一般双手放在关节外侧的坐面上或紧挨着的轮椅等物体上, 双手向下推压座面等支撑物即可提升躯干, 使臀部离开座面。垂直撑起的三大技巧要素为: 肘关节伸直、肩胛骨下沉和肩关节屈曲。当时关节处于伸直

位后,身体多难以抬离床面,若要达到轻松转移的目的,进一步提升躯体的高度是很必要的。肩胛骨贴着胸廓下沉的动作和躯干绕着肩关节前倾的动作可以有效解决这一问题。该动作主要的动力肌肉是三角肌前部( $C_5 \sim C_6$ )、前锯肌( $C_5 \sim C_7$ )、胸大肌( $C_5 \sim C_7$ )和斜方肌下部( $C_3 \sim C_4$ )等。在整个动作过程中肱孟关节因内收肌和肩袖肌提供持续的动力而使得肩关节始终稳定于内收位。

在患者稳定住上肢并部分抬离座面后,利用肩关节前屈的力量使躯干绕肩关节前倾时还需要患者适当地屈曲头颈,利用头部重

力和后背伸肌的作用把臀部向后上拉动,这一动作过程中存在“头臀关系(Head-Hip Relationship)”。整个过程可把躯干看作一根杆子,杆子的上头因重力向下旋转时,下端即会向上旋转(图6-13)。脊髓损伤患者利用这一关系时可明显抬高臀部,增加臀与座面之间的垂直距离(图6-14),大大提高患者的转移能力。下胸段及以下脊髓损伤的患者腹肌有部分或全部神经保留,腹肌收缩进一步屈曲躯干,缩短躯干长度,这对抬高臀部会有更大帮助,所以这些患者床椅转移一般都较为轻松。当然,除了肌力的帮助外,平衡能力的影响也很重要。

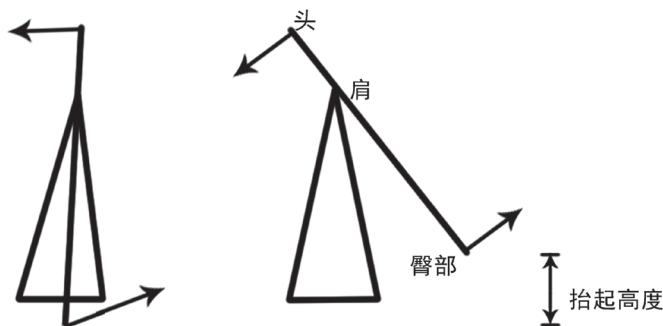


图 6-13 头臀关系

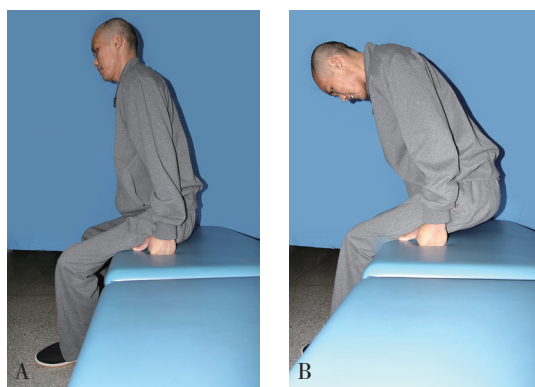


图 6-14 躯干前倾角度对上肢支撑身体转移时臀部离开座面高度的影响

A. 直臂撑起; B. 利用头臀关系撑起躯干

$C_6$  损伤患者在撑起身体时还会有更多的困难,因为他们需要时刻预防肘关节突然“坍塌”(屈曲)而倒下。虽然患者可以通过外旋肩关节、旋后前臂、过伸肘关节来克服这一问题,但由于相关肌肉只保留部分神经支配,实现这些动作还是有一些困难的。在上肢伸直的情况下,躯干重力作用可使失去肱三头肌控制的肘关节保持伸直甚至过伸位,再加上胸大肌、肱二头肌等肌肉在肩关节外旋位时的主动收缩有拉动肘关节相向运动的作用,这样就可保持肩关节内收,预防肘关节突然“塌陷”。这些肌肉和前锯肌共同作用产生的扭力有旋转肩关节、维持肩关节屈曲的趋势,而屈肩扭力有助于前臂

在稳定支撑于床面时伸展肘关节。前臂的稳定性是在患者前倾过程中由屈腕的扭力提供的,屈腕的扭力趋势来源于重力作用于背伸的手腕对瘫痪的腕屈肌和手腕掌侧其他软组织的牵伸。这种方式导致的肘关节过伸主要是由躯干重心转移(前倾)、肩关节内收和被动牵拉腕前侧的组织共同产生的扭力实现的,也称为肘关节的被动伸展,或者称为肘关节锁定(Elbow Joint Lock Mechanism)技巧(图6-15),因为肱三头肌根本没有主动伸展肘关节的能力。

这一垂直撑起动作过程除了应用到“头臀关系”外,还需掌握好肘关节锁定技巧,其中包括三部分:①固定肢体远端。手部固定可

以让上肢实现闭链运动，胸大肌、背阔肌、肩胛下肌等肌肉收缩产生的向内的力量会产生被动伸肘的动作。②利用辅助肌群。在肱三头肌无力的情况下，借助肩关节内收、前屈等肌肉替代，实现伸肘动作。③利用重力作用。首先患者在坐位下要利用前臂的重力作用伸直肘关

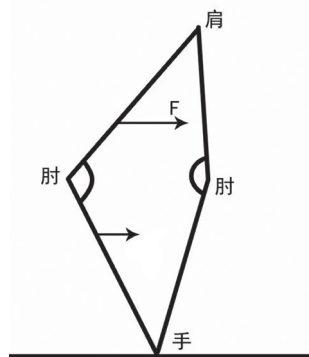


图 6-15 肘关节锁定技巧示意图

一般认为，颈髓损伤患者，尤其是 C<sub>6</sub> 及以上平面脊髓损伤患者主要靠肘关节过伸来支撑体重。但这种说法是不准确的。在这个过程中，肘关节过伸是一种被动策略。首先是因为 C<sub>6</sub> 平面脊髓损伤患者的伸肘肌是瘫痪的，患者手压住支撑面（远端固定策略）后收缩胸大肌、背阔肌等肌肉作用于肱骨使肩关节内收，内收的肱骨继续运动就会导致肘关节过伸（改变动作模式）来撑起身体。颈髓损伤患者轮椅上自我减压可灵活使用该技巧（表 6-4，图 6-17），而截瘫患者因为上肢力量较好，可采用的方式也更为依赖肱三头肌（表 6-5，图 6-18）。其次，虽然患者垂直撑起时看起来更加趋向于利用过伸肘关节来实现躯干的提升，但“头臀”策略也是重要的运动技巧，尤其是床面上长腿坐位时臀部抬离床面的动作，是在利用上肢主动调节身体重心，但合理利用“头臀关系”可更加方便地提高臀部抬离床面的高度（表 6-6，图 6-19）。最后，若患者需要进行左右体位转移，则必须先完成垂直

节，让手压在座面上；其次，在肘关节依靠肩带肌肉作用伸直并撑起身体后，身体重力的作用有加重肘关节的趋势，可稳定肘关节于伸直位。另外，肩关节外旋位也有利于维持肘关节锁定状态，其次是借助腕关节屈伸调节能力来控制肘关节（图 6-16）。



图 6-16 利用肩和腕关节控制肘关节稳定性 C<sub>6</sub> 损伤患者坐位撑起时外旋肩关节和过伸肘关节的姿势可使躯干重心落在肘关节后方，这种姿势还可预防肘关节突然坍塌，同时，肩关节和肘关节的扭力也有助于稳定肘关节

抬升后才能有效实现左右转移，此时若始终保持肘关节过伸，则不利于动作完成。而在肘关节屈曲的情况下提升躯干和体位转移会更加容易，尤其是损伤平面较低的截瘫患者，在床椅转移时往往不会伸直肘关节，大多都是在肘关节轻度屈曲的情况下完成躯干提升和身体侧向转移的。较低平面脊髓损伤的患者有更多的肌肉参与提升躯干的运动，而 C<sub>6</sub> 损伤的患者参与主动运动的肌肉较少，若能在轻度屈曲肘关节的情况下提升躯干，则会给他们侧向转移的动作提供更大的潜力和弹性，使得侧向转移更加方便。前后方向的转移也可参考这一理论。临床康复治疗 and 日常活动中，四肢瘫患者应密切关注和防范肘关节因伸肘肌力较弱或伸肘技巧不足而出现突然塌陷的现象，甚至在肘关节屈曲状态下做转移或其他活动时也要做好预防工作。

上肢较长、躯干较短的患者垂直撑起会更加容易一些。但不能高估上肢和躯干相对长度的重要性，上肢短而躯干长的患者可以在伸直下肢的情况下通过增加躯干前倾角度来弥补上



表 6-4 C<sub>6</sub> 颈髓损伤患者轮椅上撑起 / 减压




	动作分解	训练策略
 图 6-17A	1. 手的放置 · 患者一手掌根撑于后轮圈 / 手轮圈最高处，另一手置于同侧大腿外侧坐垫上	优化训练条件： · 可适当加宽轮椅座面，以方便患者手的摆放（患者髋外侧与轮椅扶手之间要有足够的间隙）
 图 6-17B	2. 撑起身体 · 患者身体轻微前倾，双肘关节伸直，肩关节内收，肩胛骨下沉，肘关节被动伸直	· 调整后轮垂直高度以适应患者上肢长度 · 调整轮椅坐垫以适应患者肘关节伸展的力量 · 使用硬质坐垫，防止手或臀部陷入过深

表 6-5 截瘫患者轮椅上撑起 / 减压

	动作分解	训练策略
 图 6-18A	1. 手的放置 · 双手紧握后轮圈 / 手轮圈最高处，身体坐直	优化训练条件： · 身体坐直或轻微前倾
 图 6-18B	2. 提起身体 · 双肘伸直，双肩内收、下沉，双手用力下压，眼睛直视前方	· 调整后轮垂直高度以适应双上肢屈伸动作 · 也可调整轮椅坐垫以适应双上肢屈伸动作



表 6-6 C<sub>6</sub> 脊髓损伤患者垫上撑起 / 减压

	动作分解	训练策略
 图 6-19A	1. 撑起身体 · 肘关节伸直，肩胛骨下沉，肘关节被动伸直	优化训练条件： · 使用伸肘矫形器可预防肘关节塌陷，手下方置一适当高度的垫子
 图 6-19B	2. 撑起身体 · 肘关节伸直，肩胛骨下沉，肘关节被动伸直 · 身体前倾，头向前下方运动	· 可在手下方或臀下放置小垫子（视患者上肢和躯干的长度比例而定）
 图 6-19C	3. 旋转躯干 · 头继续向前下方运动 · 躯干绕肩关节向前下旋转	· 双脚尽量固定，防止向前滑动（需适当改善腘绳肌柔韧性）

肢长度不足的缺陷，一样可以很方便地完成撑起动作。但若屈膝肌柔韧性较低或处于高张状态，坐位时屈曲的膝关节可能会给努力前倾的躯干以反向阻力而影响患者垂直提升躯干。

伤患者需要掌握一些转移技巧，这会大大减小他们转移的难度，提高他们在日常生活中的方便性。下面简单介绍一些床和轮椅之间的转移技巧。

**第五节 转 移**

“转移”一词于人体来说主要是指身体的空间位置的变化，也指身体相对于不同物体之间的位置变更，包括在轮椅与床、汽车、马桶、浴缸、浴凳等之间的转移。完全性脊髓损伤患者的转移大多依赖于上肢和肩带的活动，截瘫患者躯干运动能力的主动参与会使转移更加轻松便捷。但不管怎样，脊髓损伤患者的转移都有一定的困难，且不同平面之间的转移困难程度更大。一般来说从稍高平面向稍低平面的转移较为轻松，而从较低平面向较高平面的转移则较为困难。脊髓损

**一、水平转移**

从轮椅到床的转移过程中，患者可以先把双腿放于床上然后再进行躯干转移，也可以先坐到床上，然后再把下肢移至床面。两种方法各有一些优缺点。先把腿放于床上的方法在转移动作前使自己处于长腿坐位，其优点在于被拉伸的双腿腘绳肌产生的张力有助于保持身体良好的坐姿。但在转移躯干的过程中，腘绳肌的紧张状态会增加足跟后面和床面之间的摩擦力，这会增加转移的难度和能量消耗。

而先坐到床面再转移小腿的转移方式很受坐位平衡较好患者的欢迎，但对上肢功能受影响较重的颈髓损伤患者而言会有从床面或轮椅

上滑落的风险。该方法需要患者有良好的坐位平衡保持能力，这对部分颈髓损伤患者而言有一定的困难。



床椅之间的侧向转移通常有两种方法。第一种方法是躯干前倾，然后再通过肩旋转躯干，这叫旋转转移法。旋转转移法头部向下低而臀部抬起（表 6-7，图 6-20）。这种方法其中一个优点在于瘫痪的下肢可以承担部分体重，适用于上肢和肩带肌力较好的截瘫患者。第二种方法叫平移法，患者在侧向转移的过程中能够更好地保持躯干伸直（直立）的状态。平移法更适用于肩胛带肌和躯干控制能力较为薄弱的四肢瘫患者。

旋转转移法和平移法都必须或多或少地依赖胸肌、背阔肌、前锯肌和三角肌前部共同提供强有力的扭矩才能完成。尽管如前所述，截瘫患者转移时臀部有效离开床面主要依靠伸肘动作来实现，但实际上这几块肌肉的作用是十分重要的。另外还要提及的是肱二头肌，因为该肌对侧向转移的作用更为重要，该肌和三角

肌前部、前锯肌及胸肌配合协调用力可使得转移过程更加顺利。另外，研究发现在截瘫患者侧向转移过程中，肱二头肌肌电的活跃程度远远超过肱三头肌。

颈髓损伤患者上肢力量和转移技巧都可能不足，床椅转移时，在两平面之间架一滑板会方便患者转移（图 6-21），这对上肢力量不足难以提升身体或侧向移动困难的患者十分有用，可用于训练患者长期家庭使用。滑板最好在两个转移面之间呈一定角度放置，可让患者更加放心地坐于其上完成侧向转移。当然如果患者有从滑板上跌落的经历或者臀部容易刚蹭车轮，则他们的信心会受到影响。另外，患者需要很大努力才能把滑板放置于臀下，因为患者在操控滑板的同时需要抬起一侧臀部。如果患者坐于轮椅靠后位置且有适当支撑，则放置滑板相对较为容易一些，此时患者移动身体时需保证滑板不会由于被衣物刮蹭而跟着向前滑动，患者一手按住滑板可以起到预防作用。

表 6-7 截瘫患者屈腿体位下从轮椅到床的旋转转移技巧

	动作分解	训练策略
 图 6-20A	1. 体位摆放 · 肘关节伸直，肩关节内收、下沉，垂直提升躯干，臀部前移，坐于轮椅座面前部 · 一手扶持轮椅扶手，一手顺序拎起下肢并置于地面上，摆好双脚位置	优化训练条件： · 使用稍硬质地的坐垫（可防止臀部陷入太深） · 轮椅靠背直立，便于利用重力帮助身体前倾 · 减小轮椅坐垫与裤子之间的摩擦系数 · 后轮的垂直高度应调节至方便患者使用为宜，应适合患者双手支撑和驱动 · 坐垫厚度也要方便患者操控轮椅
 图 6-20B	2. 撑起前手的位置摆放 · 右手撑在床面上，约与膝盖平齐，左手撑在轮椅坐垫左前角、左侧扶手或左大轮上	· 轮椅尽量靠近床边 · 床面高度略低于轮椅座面 · 床应处于轮椅侧前方，这可缓解患者跌倒的恐惧心理

续表



	动作分解	训练策略
 图 6-20C	3. 抬起躯干并转至床面上 · 伸直肘关节，肩关节内收下沉，垂直提升躯干。然后右肩内收，左肩外展，带动躯干向床面一侧转移	· 轮椅尽量靠近床边，床面应略低于轮椅座面 · 轮椅坐垫质地略硬，以手压在上面不出现明显的陷入为宜 · 可使用转移滑板
 图 6-20D	4. 把下肢移至床面上 · 身体向右侧倾斜，重心向右手转移，用左手把双脚依次拎上床面	· 双脚可置于凳上以减小高度差 · 可用特制的索套帮助抬起下肢




图 6-21 利用滑板进行床椅转移

对 C<sub>6</sub> 平面脊髓损伤的四肢瘫患者来说，因肱三头肌麻痹而使得转移非常困难，患者无法有效利用各种策略屈曲或旋转肩关节来充分提升臀部高度。如果单纯借助肘过伸来实现这

一功能可能不太现实，因为肘关节过伸在一定程度上会限制手的摆放位置，这也使得向较高平面的转移更加困难。

另外，C<sub>6</sub> 损伤患者手功能有限，他们无法用手抓住或移动腿部，也无法抓住轮椅保持自身躯干稳定，依赖肌腱的抓握方式不足以提起一条腿，因此转移非常困难。但患者可以背伸手腕或双手一起勾起下肢（表 6-8，图 6-22）。同样的，当患者在轮椅上向前倾斜时也要用肘关节勾住轮椅推把（图 6-23），以防止向前跌落或滑落。表 6-8 列出了 C<sub>6</sub> 脊髓损伤患者床椅转移的技巧。

表 6-8 C<sub>6</sub> 脊髓损伤四肢瘫患者从轮椅到床面的侧向平移技巧

	动作分解	训练策略
 图 6-22A	1. 先把身体移到轮椅前缘处 · 头和躯干向轮椅后背靠，双手背推在腰间，双肩关节用力外旋的同时背伸腕关节可把臀部向前撬动，轮椅后背上端和两侧作为动力支点	优化训练条件： · 使用质地较硬的坐垫，以防止臀部或手下陷 · 椅背适当升高有利于借助重力前移 · 坐垫罩和裤子之间接触面应光滑，减小摩擦力 · 双脚放在地面上更便于患者臀部向前滑动 · 可适当降低轮椅靠背



续表

	动作分解	训练策略
 图 6-22B	2. 先把一条腿移上床面 · 左上肢肘部勾住同侧轮椅推柄，用右手腕或前臂把左下肢拎上床面（如果躯干后倾角度合适，可以双手移腿）	· 双脚可踩在高凳上或踏板上以减小下肢被动抬起的高度 · 使用索套以便于拎起下肢
 图 6-22C	3. 把另外一条腿拎上床面 · 方法同上	· 方法同上
 图 6-22D	4. 抬起臀部并转移至床面 · 身体前倾，双手分别撑于轮椅和床面上 · 双肩关节外旋，肩胛骨下沉，肘关节被动伸直以提升躯干 · 左肩关节外展，右肩关节内收，完成侧向转移	· 轮椅尽可能靠近床边 · 床面略低于轮椅坐面 · 轮椅与床之间呈 45° 角摆放（缓解患者倾倒的恐惧感） · 使用质地较硬的坐垫，以防手部支撑时下陷 · 可使用转移滑板 · 脱掉鞋子，并在脚和小腿下面垫以滑板或棉布



图 6-23 坐位平衡较差的患者在进行身体前倾动作时，如调整下肢位置，就要用对侧上肢勾住轮椅推把

## 二、纵向转移

纵向转移主要是指患者在高度差比较大的两个平面之间的转移。有些时候患者可能需要主动从轮椅或床面上转移到地面来，那么，患者就要学会并掌握从地面向轮椅 / 床面的转移和从轮椅 / 床面向地面的转移技巧。对大多数脊髓损伤患者而言，这一转移技能是难以完成的，只有少数截瘫患者可能掌握此技巧。大多部数四肢瘫患者仅能实现高度差较小的平面之间的转移。虽然掌握该技巧非常困难，但却具有很大的意义，这对参加轮椅运动项目的残疾运动员来说非常重要，对参加特殊工作、



生活（浴缸进出）或娱乐（如野餐）的普通患者来说也有较大的意义，掌握纵向转移的技巧可使他们的生活更加自由方便。

从地面向轮椅转移常用的方法有三种，一种是从侧面坐回轮椅，一种是背向坐回轮椅，还有一种是先面对轮椅用上肢力量提起身体后再转身坐上轮椅。从侧面和背向坐回轮椅较为方便，但对患者的肩肘关节活动能力范围和上肢力量要求较高；第三种方法虽然过程比较复杂，但对上肢力量和关节活动范围的要求较低，大部分患者都可实现。若患者采取侧面坐回轮椅的方法，首先应把轮椅摆在身体一侧，一般该侧上肢力量较强的患者完成该转移过程会轻松一些。患者坐于地上，将轮椅正对自己身体的一侧紧邻放置，刹好刹车，然后把双下肢屈曲至最大程度，靠近轮椅侧的手置于坐垫前角处，另一手支撑于靠近髋关节的地面上，双上肢共同用力提升并转动躯干坐到轮椅上（表 6-9，图 6-24）。背向转移法要求患者背对着轮椅坐于两踏板之间，患者身体稍向前倾，双肩极度后伸，肘关节屈曲，双手抓住轮椅座面前缘两边的座架上，然后用力向上撑起坐到



轮椅座面上（表 6-10，图 6-25）。这两种转移过程中，上提和侧向倾斜的力量都完全依赖上肢力量来实现。从轮椅向地面转移的程序与上述过程相反，但技巧相似。

第三种方法有转身动作，需掌握一定技巧。患者坐于地面上，将轮椅面对自己放在前面，双手撑住轮椅双侧座架使自己从跪坐位转至跪立位，在双上肢撑起身体后转向一侧，使一侧臀部侧坐于轮椅上，然后双手交换方向，分别抓住轮椅扶手，进一步上提并旋转身体坐进轮椅中（表 6-11，图 6-26），最后整理下肢和衣物。

从地面上床的方法和从地面上轮椅的方法类似，但一般选择侧向或正面转身上床。侧向上床法步骤如表 6-12、图 6-27 所示。

以上各种方法均需在之前进行训练，做好准备工作，比如上肢各关节活动范围、上肢力量、肩带肌力量，有些患者还需要训练躯干肌力量。另外还要训练头臀关系的应用、平衡功能等。从对侧做这些动作或者逆向返回动作也要练习，以提高患者的主动活动能力，扩大其活动范围，具体动作实施需参考以上各动作程序。


表 6-9 脊髓损伤患者从地面上轮椅——侧向转移技术

	动作分解	训练策略
 图 6-24A	1. 摆好双腿位置 · 身体与轮椅呈直角坐于地面上 · 髋膝关节屈至最大程度，双脚紧靠轮椅踏板	优化训练条件： · 可在双侧脚踝或膝关节处各套一绳套 · 锁住轮椅刹车
 图 6-24B	2. 固定手部位置 · 右手抓住轮椅座面右前角处（前臂须垂直于地面），左手紧贴臀部撑在地面上	· 降低座面高度 · 患者坐在一阶台阶上 · 左手下垫一软垫

续表

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-24C</p>	<p>3. 抬高并旋转躯干上轮椅</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 右上肢内收，向右上侧向提拉躯干，左上肢外展并用力撑地，共同努力把躯干向右上侧向提起</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 降低坐面高度</li> <li>· 患者坐在一阶台阶上</li> <li>· 左手下垫一软垫</li> <li>· 去除坐垫</li> <li>· 重复练习对侧动作</li> </ul>
 <p>图 6-24D</p>	<p>4. 臀部移上座面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 右上肢屈曲用力，侧向上拉身体，左上肢进一步外展和下推地面，提起并把臀部推送上轮椅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 降低坐面高度</li> <li>· 左手下垫一软垫</li> <li>· 去除坐垫</li> <li>· 重复练习对侧动作</li> </ul>
 <p>图 6-24E</p>	<p>5. 坐直身体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 右手拉住轮椅，把躯干坐直</li> <li>· 左手抬离地面并抓住轮椅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 左手下垫一软垫</li> <li>· 重复练习对侧动作</li> </ul>


表 6-10 脊髓损伤患者从地面上轮椅——背向转移技术

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-25A</p>	<p>1. 准备姿势</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 背向坐于轮椅踏板之间，双腿可伸直或屈曲，身体适度前倾，双肩后伸，双手抓住轮椅座面前部两边的座架上</li> </ul>	<p>优化训练条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 直腿较屈腿更加方便</li> <li>· 轮椅刹车要刹住</li> <li>· 可打开脚踏板腿托，或翻起踏板</li> <li>· 可坐于垫上练习，开始阶段也可坐于小凳或单个台阶上练习</li> <li>· 双肩关节后伸角度要足够</li> <li>· 抓握脚踏板支架时应确保其稳固</li> </ul>

续表

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-25B</p>	<p>2. 提起躯干并初步坐上轮椅</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 身体逐渐后仰</li> <li>· 双上肢用力撑起</li> <li>· 然后头部低下，利用头臀关系</li> <li>· 双下肢被拖着后移</li> <li>· 臀部部分坐于轮椅座面前缘</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 去除轮椅坐垫</li> <li>· 可坐于小凳或单个台阶上面</li> <li>· 坐于轮椅前缘时应身体后倾以免滑落</li> </ul>
 <p>图 6-25C</p>	<p>3. 进一步坐进轮椅</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 稳住身体，双手交替扶到轮椅扶手上，然后进一步用力撑起并向后拖动躯干和下肢，可使身体坐进轮椅内</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 如果患者上肢力量足够，可以不更换双手位置</li> <li>· 上肢撑起后，进一步利用头臀关系，把臀部后移</li> <li>· 轮椅前缘垫以光滑的软布料，如羊毛垫等，最好固定，可防止大腿后面磨损</li> <li>· 该动作应反复练习</li> </ul>
 <p>图 6-25D</p>	<p>4. 调整下肢位置，整理坐姿</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 弯腰放下脚踏板，然后整理下肢，把双脚顺序放于脚踏板上，并重新调整身体坐姿，整理好臀部和大腿下面的衣物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 弯腰时应一手扶稳轮椅，另一手整理踏板</li> <li>· 练习双手提起一侧下肢的坐位平衡</li> <li>· 注意轮椅坐姿的调整和查看工作</li> <li>· 坐稳后拉平臀部和大腿下部的衣物，避免褶皱</li> </ul>

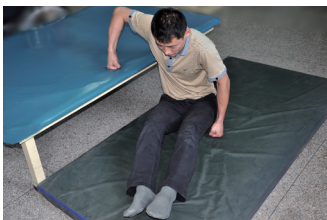
表 6-11 脊髓损伤患者从地面上轮椅——转身转移技术

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-26A</p>	<p>1. 放置好轮椅位置</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 患者坐在地面上，俯身用上肢撑起身体，实现侧身跪坐，并将轮椅面对自己摆放在面前</li> </ul>	<p>优化训练条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 患者坐于训练垫子上</li> <li>· 先俯卧位并跪立起来，然后臀部偏于一侧坐于垫上</li> <li>· 轮椅面对自己放置于身体前面</li> <li>· 轮椅刹车要刹住</li> <li>· 轮椅踏板可移除</li> </ul>

续表

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-26B</p>	<p>2. 提起身体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>患者双手撑于轮椅座面前部两侧座架上，身体前倾，双上肢用力把身体撑起</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>前期应加强锻炼上肢力量</li> <li>双上肢撑起时，患者下肢被向着轮椅拖动，并继续面对轮椅</li> <li>屈髋肌痉挛或张力高会影响患者跪位，患者会更多地借助上肢支撑</li> </ul>
 <p>图 6-26C</p>	<p>3. 撑起并转身坐于轮椅座面前缘</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>患者把身体撑起后，旋转身体，把一侧臀部坐于坐面前缘</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可垫数厘米高的垫子</li> <li>轮椅坐垫可先取下</li> <li>身体旋转大于 90°，患者一侧臀部可着于轮椅座面</li> <li>一般把身体朝上肢力量较弱一侧旋转，方便较强一侧上肢作进一步支撑</li> <li>躯干有一定旋转力量会有较大帮助</li> </ul>
 <p>图 6-26D</p>	<p>4. 更换双手位置，调整坐位姿势</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>保证稳定坐在坐面前缘的情况下，分别把双手交换至同侧，然后用力撑起身体调整身体坐于轮椅上的位置和姿势</li> <li>把下肢放置在脚踏板上，并调整坐姿</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>身体可在上肢扶持的情况下保持臀部不滑落</li> <li>先用力量较好一侧上肢支撑于座面上</li> <li>另一侧手换到对侧轮椅扶手上</li> <li>轮椅扶手可不拆除或打开</li> <li>可去除轮椅坐垫</li> <li>用手调整下肢前，要先调整好自己的坐姿，保证稳定</li> </ul>

表 6-12 脊髓损伤患者侧向从地面上床的转移技术

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-27A</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>患者把身体移至床边，长腿坐位，下肢与床呈约 30° 角，左手紧贴同侧臀部撑于垫上，右肩外展内旋，肘关节屈曲 90°，手撑于床面上，身体稍前倾</li> </ul>	<p>优化训练条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>长腿坐位需能保持良好的平衡，且躯干可稍前屈</li> <li>逐渐增加床和垫子的高度差</li> <li>床边无其他障碍物</li> </ul>



续表

	动作分解	训练策略
 <p>图 6-27B</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 双上肢用力支撑，身体进一步用力屈曲，左肩外展，肩胛骨极度下沉外旋，右肩内收，伸肘，拳头下按床面，双上肢共同用力提升身体</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 着重于头臀关系的应用</li> <li>· 双腿保持并拢微屈，避免右侧下肢外旋使膝关节置于创面下</li> <li>· 右上肢极力做功</li> <li>· 可逐渐增加垫与床之间的高度差</li> <li>· 该动作应反复训练</li> </ul>
 <p>图 6-27C</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 头颈和躯干进一步屈曲，双上肢协调用力，肘关节屈曲、肩关节内收，用力使臀部侧坐于床面上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 着重于头臀关系的应用</li> <li>· 右上肢极力做功</li> <li>· 可逐渐增加垫与床之间的高度差</li> <li>· 该动作需反复训练</li> <li>· 脚跟和小腿下可使用光滑的垫子或羊毛垫</li> </ul>
 <p>图 6-27D</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 右手下按床面，肩关节用力内收和前屈保证臀部不滑落，左手离开地垫，身体坐直，然后左手撑于左臀后床面，调整身体姿势</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 主要靠右上肢保持床边坐位和平衡</li> <li>· 谨防滑落</li> <li>· 调整身体和床面垂直</li> <li>· 该动作需反复练习</li> <li>· 反向操作动作也需训练</li> </ul>

### 三、轮椅与汽车之间的转移

最新《机动车驾驶证申领和使用规定》中规定，双下肢缺失或者丧失运动功能，有自主坐位功能，且躯干没有明显运动功能障碍，双手有良好握持能力的患者可以申领驾驶证并驾驶残疾人专用小型自动挡载客汽车。因此，下肢瘫痪的脊髓损伤患者经过康复训练以及特殊驾驶技术培训并经考核合格后可以驾驶允许类型的汽车；但使用轮椅的患者进出汽车的方法需要训练，驾驶室内操纵方式也需要改造。转移过程主要包括患者上下汽车驾驶座和患者独立操作把轮椅移进和移出汽车。

**1. 轮椅和汽车座位之间的转移** 将轮椅靠近汽车驾驶室（以中国标准的左侧驾驶为例），打开车门，调整好轮椅与车门位置，锁住刹车。

如果患者损伤平面较低，主动活动能力较强，且轮椅座面和汽车驾驶座椅高度差不多，可直接像床椅转移一样先坐上座椅再调整下肢。如果患者损伤平面较高，且座椅高度差较大，则需要患者先把双脚放入汽车驾驶室内的地板上，然后左手抓住方向盘并用力拉起身体，右手按在驾驶座椅上，双手配合坐上驾驶座，然后再调整位置和坐姿并系上安全带。

有些汽车生产厂家专门为下肢残疾患者设计的汽车驾驶座椅可以电动旋转并伸出驾驶舱，患者就像床椅转移一样轻松坐上驾驶座椅后再把座椅转入驾驶舱，在座椅转入后调整下肢和座椅位置。

**2. 轮椅进出汽车** 有驾驶汽车需求的患者一般都选用轻便型手动轮椅，车轮等部件应

为可拆卸型，部分轮椅车架或可折叠。患者转移到驾驶座椅上并调整好坐姿后，可在保证自身安全的情况下先把轮椅后轮拆卸下来放进车内，然后再把轮椅座架部分拿进去。轮椅移出汽车的程序相反，患者需先把座架部分拿出来，再把车轮取出并安装上去。如果车辆经改装后有外部轮椅收纳系统则更加方便，只需机械操作即可（图 6-28）。



图 6-28 车载轮椅收纳系统

## 第六节 影响患者运动能力的其他因素

影响脊髓损伤患者运动的因素还有很多，其中最主要的是患者的自身体重。一般来说，体重较重的患者运动起来相对更困难一些，尤其是对颈髓和上胸髓损伤的患者更是如此，较弱的残存肌肉确实难以应付笨重的身体。所以，从损伤早期开始就应该对患者进行知识宣教，控制热量摄入，预防体重增高，并务必采取适当的方式进行充分的运动以控制体重。这一体重管理策略非常重要，不管是对完全性颈髓损伤患者还是对不完全性损伤患者，即便是对后期能完全恢复正常运动和感觉功能的患者来说都有好处，至少早期如果能控制好体重则对自

身各方面的运动功能改善都有积极作用。

对患者运动功能产生较大影响的因素还包括：肌张力、肌痉挛、关节活动范围、心肺功能等因素。关节柔韧性取决于患者的关节活动范围、肌肉张力情况、关节周围软组织的紧张度和肌肉肌腱挛缩程度等。脊髓损伤患者在日常生活中的各项活动中需要有适当的关节柔韧性。例如，C<sub>6</sub>脊髓损伤患者腰背肌需要适当的柔韧性，以便在床上从侧卧位向坐位坐起转移时其躯干可以屈曲和旋转足够的角度（图 6-11C 和 D）。但如果腰部柔韧性太好或者腘绳肌张力明显低下，患者坐起来后就很难保持良好的坐姿（图 6-2）。同样的情况在手功能的康复治疗中也有体现，如对 C<sub>6</sub> 和 C<sub>7</sub> 颈髓损伤患者的手指屈伸肌腱进行适当的张力调整和控制，可以提高患者手的抓握能力。所以在前期康复治疗过程中必须注意，必要的情况下适度降低关节柔韧性对促进其功能改善同样有积极的意义。肌肉痉挛发作的强度和频率对患者主动活动的影响也非常突出，如果痉挛发作较为频繁，会严重影响患者的心理状态，增加独立活动的风险，降低患者参与主动活动的积极性。上胸髓以上节段损伤的患者可能存在心肺功能不足的问题，这会限制患者参与主动活动的的能力，因此积极进行上肢参与的活动是非常重要的。手摇功率车对保持或改善患者的心肺功能有很大的好处。另外，不懈的上肢肌力训练、主动驱动轮椅等日常活动都可以优化患者自身体能和耐力。在患者接受康复治疗开始，一直到出院回归家庭或社会，这些活动都要继续进行下去。

（蔡可书 沈雪玉）

# 第七章

## 截瘫患者站立与行走

直立行走是人类亿万年进化发展的独特的、标志性的转移方式，也是解放双手创造美好世界的前提。而且，人类在社会的发展过程中所起的巨大作用也使得人的群体性和社会性越来越明显。因此，即便患者遭遇任何不测导致下肢功能受损，人们都非常渴望能如常人一样无拘无束地步行。据不完全统计，脊髓损伤患者中有超过 73% 的人步行功能会受到影响，超过 50% 的人会受到严重影响，但不完全性脊髓损伤患者步行功能的预期相对较为乐观一些。

### 第一节 脊髓损伤患者步行功能预期

临床医生和物理治疗师通过详细的检查和评估，一般能准确预测患者未来的功能活动水平。物理治疗师会和临床康复治疗团队的工作人员一起努力，为患者提供最优的康复治疗方案，帮助他们实现最大限度的生活独立、工作和学习能力，以及社会交往能力等。这是一个综合的康复目标，也是非常切合实际的目标，其中最为重要的是患者的独立生活能力，而步行功能则是这个目标中最为关键的部分。事实上，对大部分患者来说，把主要康复目标放在步行能力上或许不是最为明智的决定，即便站立或借助矫形器勉强步行能给患者带来一些积极的影响，但这并不能说明步行可以作为患者

最为重要的目标。脊髓损伤的程度对患者的站立和步行能力有明显的影响，但多数患者借助残存的肢体运动能力和（或）辅助器的帮助可实现较为理想的转移、站立、步行、就业和社会交往（表 7-1）。

康复医学工作人员主要根据国际脊髓学会（ISCoS）制订的评估方法对脊髓损伤患者在损伤 30d 时的运动和感觉功能进行评分并对其步行功能进行预测，下面就完全性脊髓损伤不同平面的粗略步行功能预期（Walking Function Expectation）做简单介绍。

#### 一、颈髓损伤

颈髓损伤四肢瘫患者和下肢完全性瘫痪（AIS A 级）患者可以借助直立床、矫形器、双杠、悬吊装置或者站立轮椅等器具进行简单站立。站立的主要目的是为了获得直立站起的感觉和通过双腿承担体重的治疗性意义，如预防和克服直立性低血压、预防下肢屈曲位挛缩、预防骨质疏松、改善泌尿和消化系统功能状态、改善心理状态等。但可以明确地说，完全性高位脊髓损伤患者进行站立训练对步行功能几乎没有明显的影响。

#### 二、胸髓损伤

下胸段完全性脊髓损伤患者可借助截瘫矫形器（Paraplegic Orthosis）和辅助器具实现治疗性步行或家庭步行，而上胸段损伤患者要实



表 7-1 完全性脊髓损伤基本转移目标

脊髓损伤节段	站立或步行目标	需用辅助具
C <sub>5</sub> ~C <sub>7</sub>	无法实现步行，可借助轮椅或站立架等进行治疗性站立，C <sub>7</sub> 损伤者有一定的转移能力	电动轮椅，平地可用手动轮椅，多需辅助器具
C <sub>8</sub> ~T <sub>4</sub>	借助矫形器可完成治疗性站立，双杠内治疗性步行，轮椅活动为主	同上，HKAFO（ARGO、RGO），助行器或腋拐
T <sub>5</sub> ~T <sub>8</sub>	可借助矫形器实现治疗性步行，轮椅活动为主	同上
T <sub>9</sub> ~T <sub>12</sub>	可借助矫形器实现治疗性步行，轮椅活动为主	KAFO，双拐，轮椅
L <sub>1</sub>	借助截瘫矫形器可实现家庭室内步行，轮椅活动为主	同上
L <sub>2</sub>	借助截瘫矫形器和实现家庭室内步行，轮椅活动为主	同上
L <sub>3</sub>	借助截瘫步行器和肘拐可实现社区功能性步行，远距离转移还需依赖轮椅	AFO，腋拐或肘拐
L <sub>4</sub>	借助矫形器可实现社区功能性步行，可不需轮椅，但速度较慢	AFO，肘拐
L <sub>5</sub> ~S <sub>1</sub>	佩戴 AFO 可实现社区功能性步行，大部分生活可独立，消耗能量较少	AFO，肘拐或不用拐杖

现步行则困难得多。目前有文献报道的能借助 RGO 实现较理想步行功能的最高损伤平面为 T<sub>6</sub>。对胸髓平面损伤的患者来说，要实现步行功能除了需要借助矫形器具外，是否有较好的上肢和肩带力量也是决定性条件。胸髓损伤患者穿着截瘫矫形器平地步行还需要依赖双杠、助行器、腋拐等辅助器具，并且速度缓慢、步幅很小，且能量消耗非常高。这个群体里只有极少数人能够完成上下斜坡及楼梯，或者在不平地面上行走。并且，由于患者在直立体位下对助行器、拐杖等辅助器具极度依赖，这也就严重限制了他们使用双手，所以患者也就无法完成诸如烹饪、洗衣、洗澡、拎东西之类的日常生活活动。所以，大多数胸髓损伤患者进行站立训练早期主要是为了克服直立性低血压，后期主要为了预防骨质疏松、改善循环、预防肌肉骨骼系统并发症、改善消化和泌尿系统功能，或者某些特殊的目的（如站立高度会改善患者与正常人心理不平等的状态）。步行训练（Walking Training）也只是帮助下胸段脊髓损伤患者实现室内步行功能，而很少把实现步

行功能作为重要目标，而更不会作为他们未来生活的主要转移方式，更多的是选择轮椅进行远距离转移。

### 三、腰骶髓损伤和运动功能不完全损伤

大多数脊髓损伤患者为不完全损伤（AIS B、C、D 或 E 级），或者是腰骶髓损伤截瘫。除了 B 级和部分 C 级患者预后可参考完全性损伤外，大部分胸腰段 C 级或 D 级患者，以及腰骶段脊髓完全性损伤患者一般都可借助辅助器具实现有一定实际意义的步行功能，而 E 级损伤和马尾神经损伤患者一般会恢复很好的步行能力，甚至恢复基本正常的步行功能。一般情况下，脊髓损伤患者下肢 ASIA 运动功能评分少于 20 分（总分 50 分），也就意味着双侧伸膝肌肌力不足，患者就要考虑以轮椅为主要转移方式，但在家庭环境下借助截瘫矫形器和辅助器具可以实现室内步行。一般来说，患者至少要有一侧下肢具备充分的支撑能力即伸膝肌大于 3 级时才能免除双侧下肢穿戴 KAFO 的麻烦。而且，步行也只能有限地替代轮椅进行短距离转移。下肢 ASIA 得分大于 20 分的患



者通常可以实现社区步行，步行速度（Walking Speed）也能达到可接受的程度（1m/s，正常人步行速度为1~1.7m/s）。这些患者腰腹肌保留良好的力量确保了骨盆上提和控制功能，也对获得功能性步行能力提供了生理基础。相比完全性脊髓损伤患者，不完全性损伤患者使用助行器具主要是为了弥补下肢力量的不足和站立平衡与协调能力的欠缺。而不完全性损伤的患者可能保留良好的下肢肌力，但同时也存在明显的肌张力，由于肌张力的负面影响，他们的肢体动作的灵活性、协调性、准确性等各方面都受影响，也因此可能会影响患者的平衡和步行能力。有人认为这种情况下往往需要更强的下肢力量，但力量的改善对这些问题的正面影响却又不是十分确切。

最近由荷兰和瑞士脊髓损伤专家对大样本量的欧洲资料库进行了一项研究，研究通过Logistic回归分析对损伤15d内的4种神经病学预测因子进行分析，4种预测因子分别为年龄（<65岁或>65岁）、股四头肌肌力（L<sub>3</sub>）、腓肠肌和比目鱼肌肌力（S<sub>1</sub>）、L<sub>3</sub>脊神经水平的轻触觉、S<sub>1</sub>脊神经水平的轻触觉。研究提供了一种简单的预测方法，并且在早期就可以大致给予判断。该法表明脊髓损伤患者的步行功能预后和下肢运动功能评分相关性明显，比单凭AIS分级更为准确。

脊髓损伤后，下肢任何程度的受累都会对患者的步行功能造成明显的影响，受累程度越重，步行能力越差。影响患者步行功能的主要因素包括下肢或上肢力量不足、肌张力、减退或消失的本体感觉、肥胖、痉挛和挛缩、疼痛等。

一般来说，患者在简单环境中步行效率（Walking Efficiency）较好，满意度较高；但在复杂环境中的表现就差强人意，尤其是在障碍物较多的不同地面环境中，或者在需要承担其他工作任务的时候，很多患者甚至无法完成

有实际意义的步行。这正如我们临床观察到的一样，患者可以在治疗大厅的无障碍通道中来回多次，但却无法拎着物品从超市走到停车场；患者可以在平坦的道路或室内顺利行走，但在崎岖不平、倾斜路面行走或上下斜坡都变得异常艰难。这和康复治疗过程中的训练负荷较小有关，或者说我们根本就没有对患者进行有实际意义的步行功能训练，而这些活动对患者站立位动态平衡能力、支撑体重的肌肉力量、感觉和协调能力还有更高的要求。同时，患者各感觉器官高度一致的警觉性对维持高效的步行能力也有非常重要的意义，足够的警觉性便于患者在行走的同时可以注意和获取可能影响步行的环境因素、肢体位置、体能情况等多种信息。因此，要想获得有实际意义的步行能力还有赖于患者是否能够把步行能力训练成自动的或是习惯性的安全动作，只有这样，患者在步行的同时才能把注意力用于其他活动中去。

另外，要想获得有实际意义的步行能力，还要求患者具有良好的坐站转移、上下斜坡、上下楼梯和安全通过不平路面的能力。出院后，患者一般会选择最为经济实用的转移方式，他们一般不会选择站立行走作为日常生活中的主要转移方式，除非他们的行走能力可以和使用轮椅一样高效、快捷、实用。虽然轮椅在很多环境下都是非常方便的转移方式，但在贫困地区，尤其是山区，地面崎岖、坡度较大或者有多层台阶，操控轮椅无法克服这些问题。这种情况下，绝大多数的患者会极尽可能地回避出行，宁可选择独自待在家里；即使必须要出去，他们也更趋向于选择步行方式，尽管这非常费力、危险。另外，除了环境因素和个人能力影响外，患者还有来自他人和世俗的目光等情感及心理问题需要克服。但现实工作中我们往往会见到一些患者面对这种严重的伤病时不惧困难，凭着坚强的意志克服各种困难，借助矫形

器和其他辅助器具实现良好的步行功能。

脊髓损伤儿童步行功能恢复一般比成人好，其中原因不是很清楚，可能和儿童生物力学优势有关，也可能和父母、治疗师以及学校和社会提供的更多关怀和支持有关。

## 第二节 站立训练

所有脊髓损伤患者，即使下肢完全性瘫痪，也能借助站立器械的帮助重新实现站立功能。

直立床是帮助四肢瘫患者实现直立体验最便捷有效的方法（图 7-1）。直立床在早期就可以循序渐进地提高患者站立的角度，而且对患者躯干稳定性和主动性的要求比较低，即使患者呈昏迷状态或者躯干无力都可以进行。虽然站立架和电动站立轮椅同样也能帮助患者进行经常性的被动站立，但是它们对患者的精神

状态、认知、上肢活动能力、躯干力量等都有较高的要求。**站立训练（Standing Training）**对改善直立性低血压，预防髋、膝关节屈曲挛缩等都有较好的作用。脊髓损伤患者上肢各肌肉均不受影响，可以凭借自身上肢力量在站立架内站立起来（图 7-2），且能保持一段时间。站立架膝部挡板可维持患者膝关节伸直位，固定于臀后的围带既可协助和加强这一功能，固定良好的情况下还能允许患者维持轻度躯干后倾而不会向后倒过去。下胸段和上腰段脊髓损伤患者穿戴膝踝足矫形器（KAFO）可实现较好的站立和步行功能，膝踝足矫形器可固定下肢于直立位，保证下肢能有效地支撑身体重量，维持站立功能，患者也多可在平行杠内进行站立或缓慢步行（图 7-3）。但在患者开始步行训练前还可以先行扶拐平衡训练，患者能够完成扶拐三点支撑站立位平衡（图 7-4）后



图 7-1 直立床站立训练



图 7-2 站立架内站立训练，斜板可牵伸小腿三头肌



图 7-3 患者穿戴 KAFO 在双杠内站立训练



图 7-4 穿戴 KAFO 扶双拐进行站立平衡训练

再进入步行训练程序。

由于缺乏医学专业知识，绝大多数脊髓损伤患者和家属都会错误地认为患者在很短时间内就可以恢复正常的步行功能，即使瘫痪非常严重，他们也会有这样的期盼。虽然这种急切的期盼非常不切合实际，但医务人员还是会借助直立床等器械让患者早日站立起来。站立只是直立行走的基础，但直立体位可以给患者带来希望，这对引导患者积极主动地融入康复治疗有着积极的意义。

根据研究报道以及专家的意见，经常规律地站立对脊髓损伤患者有诸多正面的影响，例如预防或减轻直立性低血压、预防骨质疏松、改善消化系统功能、改善患者心理状态等。站立训练需循序渐进，尤其是在早期。患者受伤或生病后会卧床一段时间，而长期卧床所带来的一个最常见的负面影响就是在重新恢复站立体位时容易发生直立性低血压，所以患者开始使用直立床站立或借助病床坐起来时应该逐渐增加直立角度，也应该逐渐从坐位进展到站立位。其次，可以逐渐延长站立时间，提高患者对直立体位的耐受力。在院内早期康复治疗后，患者回到家中是否还需要继续站立呢？关于这个问题，各方意见并不统一。高位脊髓损伤的患者在出院回家后一般会在家属的帮助下经常进行站立训练，但有些家属因为工作或生活事务繁忙，或者缺少设备等因素也可能会减少站立次数、时间，甚至不进行站立训练。而占脊髓损伤人群比例较大的、上肢功能较好的一部分患者，虽然他们有独立借助站立设备进行站立的能力，但也有相当一部分人很少站立。原因有多种：繁忙琐碎的日常生活会导致患者及家属逐渐出现惰性、家庭环境中缺少站立设备和技术、患者对轮椅更加依赖、不进行站立训练对他们短期身体状况和活动能力并没有明显的负面影响等。的确，对绝大多数的患者来说，

在度过早期直立性低血压阶段后，大部分人只要主动参与日常活动就很少会再出现直立性低血压。或者即使在早期不能完全克服直立性低血压，但随着使用轮椅时间的延长，患者只要不进行站立，再发生直立性低血压的概率也很少。至少有一点还是需要注意的，那就是关节挛缩。长期坐位会导致髋关节和膝关节的屈曲挛缩，这在肌张力较为明显的患者中的发生率尤其高。另外，有研究发现经常进行站立训练对患者泌尿系统和消化系统有积极的影响。所以，很多专家建议患者进行每天至少 20min，每周不少于 3 次的站立训练。

针对儿童脊髓损伤患者规律性站立对预后的研究尚未有明确的结论。但针对成人的研究认为，规律站立所能够获得的益处可能与损伤程度、患者的努力程度以及医疗费用等因素相关。完全性脊髓损伤患者有必要适当增加站立时间、提高站立频率。

### 第三节 完全性脊髓损伤患者步行功能的实现

髋膝踝足矫形器（The Hip-Knee-Ankle-Foot Orthosis, HKAFO）和膝踝足矫形器（Knee Ankle Foot Orthosis, KAFO）两种类型的截瘫矫形器可以帮助中低位胸髓损伤患者实现步行功能。患者穿戴这两种矫形器可以实现类似常人的交替迈步过程，但还需要借助平行杠、助行器、肘拐等辅助具，这样有利于发挥上肢功能以帮助身体平衡和重心转移，以便于下肢抬离地面向前摆动。一般来说，肘拐或者助行器比平行杠能允许患者更大的活动空间，也更能增强其生活独立能力，但使用肘拐需要更好的上肢力量、更高的控制技巧和更好的站立平衡能力。

T<sub>6</sub> ~ T<sub>9</sub> 平面完全性胸髓损伤患者全部或部分躯干部腰腹肌、全部下肢肌群无力，躯干控制



能力缺失，患者站立姿势下无法有效控制躯干和下肢活动，因此患者要想站立起来步行，就要依赖包括有骨盆控制作用的 HKAFO，而下位胸髓或腰髓损伤患者一般只需借助 KAFO 即可实现治疗性或室内简单步行，甚至社区步行功能。

**踝足矫形器 (Ankle Foot Orthosis, AFO)** 主要用来维持踝关节的稳定性。L<sub>3</sub> 平面损伤患者的伸膝肌肌力良好，对控制膝关节和保证下肢支撑能力有良好的作用，但以下平面脊髓或马尾神经控制的肌肉都受累，其中对人体站立和步行功能影响最大的是踝背伸肌和跖屈肌无力。背伸肌无力会导致足下垂，在足尖下垂的情况下，患腿在迈步时需像跨过较高的门槛一样会较大程度地屈曲髋关节抬高下肢以实现廓清，即跨阈步态。而踝跖屈肌无力常会引起站立平衡困难。大部分 AFO 都可以矫正足下垂，但抗张能力较低的 AFO 无法抵抗较高的小腿三头肌张力，因此如果小腿三头肌张力较高，则需要抗张力较好的高温热塑板 AFO，并且 AFO 踝关节两侧矢状面上的部分可抵抗较强的背伸力，对维持稳定站立有良好的作用。

## 一、借助 HKAFO 实现步行功能

### (一) HKAFO

**1.HKAFO** HKAFO 是在双侧 KAFO 基础上增加了骨盆和髋关节控制部件，再用不同技

术把双腿 KAFO 连接在一起，通过上部骨盆环状部件控制躯干。患者穿上 HKAFO 后需要通过铰链的连带作用控制下肢运动。**中间连接矫形器 (Medial Linkage Orthosis, MLO)** 是用铰链在左右两支 KAFO 的内侧顶端把两者连接在一起，见图 7-5。若把下肢 KAFO 在身体外侧与骨盆部件相连并加高躯干或骨盆控制部分就改造成为了**髋引导式矫形器 (Hip Guidance Orthosis, HGO)**，见图 7-6，其后又逐步改进，发展为**往复式步行矫形器 (Reciprocating Gait Orthosis, RGO)**，见图 7-7。

**2. HGO** HGO 也称为 Para Walker，最早于 1970 年代用于小儿脊柱裂患者，它是把两个 KAFO 用骨盆外侧面的髋关节铰链和坚固的躯干矫形器连接在一起的 (图 7-6)。铰链摩擦力很小，所以患侧下肢在摆动相可以像钟摆一样运动。当摆动侧腿的重心落在髋关节后方时，重力作用就可使其向前“迈步”；相反，当摆动侧腿的重心落在髋关节前方时，重力作用就可使其向后“迈步”。另外，此关节铰链还能把髋关节限制在矢状面上运动，髋关节只能屈伸，不能内收、外展和旋转运动。这样的好处是防止患者下肢出现内外旋或内收动作而互相羁绊，并且还有稳定重心的作用。



图 7-5 MLO



图 7-6 HGO



图 7-7 RGO



**3.RGO** RGO 和 HGO 有相似之处，也是由体侧的铰链式关节把双下肢的 KAFO 和躯干束带连接在一起的。但 RGO 的独特之处是两侧铰链互相耦合，这样可以预防站立相时双侧髋关节同时屈曲或伸展。RGO 设定的双髋耦合机制可以控制步行时用一侧髋关节伸展运动驱动另外一侧髋关节向前屈曲迈步。两侧铰链解锁才能允许患者双髋关节同时屈伸，便于患者坐站转换。

早期的 RGO 由缆索连于两侧髋关节铰链，又称环索 RGO，缆索连接紧致，以致一侧下肢的伸展运动可以迅速传导至对侧铰链并能有效地驱动该侧下肢屈曲运动。后来的改进型 RGO 用枢轴替代了缆索，枢轴位于腰后束带中间位置，融入了枢轴的 RGO 被称作**等轴 RGO (Isocentric RGO, IRGO)**，亦称摇杆 RGO。改进型 RGO 是对环索 RGO 或等轴 RGO 的进一步改进，基本原理与之相同。而真正的改进型 RGO (Advanced Reciprocating Gait Orthosis, ARGO) 是在 RGO 的基础上增加了一些助力装置，主要是在膝关节处增加了气压或液压装置 (图 7-8)。该装置在患者站立过程中起到辅助伸膝的作用，而在坐下时可起到控制身体下落速度的作用。



图 7-8 ARGO

**4. MLO** MLO 也叫徒步矫形器，有人以中间铰链形象地将其命名为“Walk-About”截瘫矫形器。中间铰链呈倒“V”字形，因此能有效限制髋关节在矢状面上做屈伸运动，可抵抗张力较高的内收肌，避免双下肢出现交叉现象。“Walk-About”铰链摩擦力很小，患者只需要借助上肢左右重心转移使一侧下肢离地，然后使身体重心在骨盆水平前后移动就可使该侧腿“迈出”。在穿戴 MLO 步行过程中，即便患者存在轻微的髋伸展缺如，也可以通过上肢和躯干活动来“支配”下肢步行，铰链有助于足的廓清，并可减轻上肢支撑负荷。MLO 对患者骨盆和躯干没有固定和限制，比较适用于 T<sub>9</sub>~L<sub>2</sub> 平面低位脊髓损伤的患者，尤其是内收肌张力较高的患者。但弊端是骨盆在同侧下肢摆动相前倾扭矩较大，肥胖患者尤其如此。为了克服该扭矩，下部的 KAFO 需要有良好的刚度，如果刚度不够，则足的廓清会变得很困难。穿戴 MLO 步行的患者本身的骨盆和双髋位置较高位脊髓损伤患者更加对称，步行效率更高，消耗能量也较少。

## (二) 穿戴 HKAFO 步行

一般情况下，穿戴 HKAFO 的患者需在双杠内或扶持支撑辅助具才能实现安全步行。穿戴 HKAFO 的患者步行比较费力，也有一定的难度，需要经过不断训练才能熟练掌握其中的技巧。步行时，患者要先借助扶在拐杖或双杠的上肢用力把身体重心移向一侧并向前方引导，使身体重心移向该侧下肢，对侧足底即可离开地面并完成向前的摆动 (图 7-9)，然后交替把重心移向另外一侧，实现循环步行。在这个过程中，“迈步”侧的腿是通过身体躯干部分被动前移而被引导出来的。而患者穿戴 MLO 和 HGO 时，要实现单腿迈步动作，重心向一侧转移的方法和上述一致，但引导下肢摆动的方式与穿戴 RGO 和 ARGO 时可能有所不同。

同。穿戴 MLO 和 HGO 的患者的双下肢相对比较自由，不和对侧运动，所以患者要用不一样的方式调节身体重心和骨盆位置，以实现摆动侧下肢依靠下肢重力和摆动惯性向前迈步。



图 7-9 胸髓损伤患者穿戴 HKAFO 步行

脊髓损伤患者穿戴 HKAFO 迈步动作中一侧下肢的摆动可以借重力作用实现（MLO、RGO、ARGO），也可以通过伸展躯干带动骨盆后倾来摆动下肢（RGO、ARGO），但后者相对更为困难一些。研究结果显示，患者使用 ARGO 步行，有稳定性好、步幅大、步速快、支撑相短、拐杖对地面压力小等优点。一般情况下， $T_4$  以下胸髓损伤使用 RGO 和 ARGO 的患者很容易实现站立平衡，但步行仍需借助于拐杖的帮助，这就需要有较好的上肢、肩带以及腰背部力量，所以在前期应做好这些肌肉的力量训练工作。 $T_4$ 、 $T_5$  脊髓损伤患者应用 ARGO 行走时氧耗明显降低，患者反映良好，近年国外报道其使用率较前有所提高。

### （三）穿戴 HKAFO 坐站转移

穿戴 HKAFO 完成从坐到站的转移与穿戴 KAFO 相似。如果患者自身体重过大或者矫形器较为复杂，患者完成这一系列动作的难度就很大，大多数患者可能都要他人帮助，并在站立起来后尽力挺腹以使髋关节伸展而保持稳定站立。

## 二、借助 KAFO 和 AFO 实现步行功能

### （一）KAFO 和 AFO

**1. KAFO** KAFO 又称膝踝足矫形器，由两条金属枝条和形绕在大腿、小腿后侧和脚底的塑料托组成（图 7-10）。KAFO 可稳定膝关节于伸直位，控制踝关节于中立位或轻度背伸位。KAFO 膝关节处有一锁扣，患者站直起来时可自动锁住，手动打开锁扣才能允许患者坐下。相比 HKAFO，患者穿着 KAFO 步行的速度稍快，耗能也较低，步行效率和稳定性都较高。

**2. AFO** AFO 为踝足矫形器（图 7-11），对患足的包绕范围较大，大部分为全包绕型，小部分使用弹力踝关节铰链的 AFO 为部分包绕。AFO 能有效控制足内翻和跖屈畸形或足下垂，并且对维持踝关节稳定有良好的作用，但对稳定髋关节和躯干的作用有限。 $L_3$  及以下脊髓损伤患者伸膝肌力量充分，患者往往不需要使用 KAFO 来维持膝关节的支撑作用，因胫骨前肌和腓骨长短肌麻痹而出现足下垂，为了避免患者出现跨阈步态，使用 AFO 可获得良好的效果。但因对站立平衡器起主要调节功能的小腿三头肌也出现麻痹，站立位时胫骨会出现前倾趋势，应使用有较高应力的 AFO 稳定踝关节、维持站立平衡。

### （二）穿戴 KAFO 和 AFO 步行

$T_{10}$  以下、 $L_2$  以上脊髓平面横断性损伤患者双腿穿戴 KAFO 即可实现步行， $L_3$  及以下平面损伤或马尾神经损伤患者借助 AFO 便可稳定踝关节，以利步行功能的实现。患者穿戴 KAFO 在平行双杠内步行相对较为简单，主要是因为双杠稳定性好，患者可充分借助双杠进行重心转移。如果患者使用拐杖步行，不管是腋拐，还是肘拐，开始阶段都有一定的难度，但经过训练后大多都可实现较为理想的步行功能。



图 7-10 KAFO



图 7-11 全包裹型 AFO

**1. 穿戴 KAFO 步行** 穿戴 KAFO 的脊髓损伤患者主要有两种步行方式，一种是类似于正常人的交替步态，一种是摆动步态。两种步态都比较适合他们，但在步行效率和消耗能量方面有些差异。

在进行摆动式步行时，患者先把双拐同时放到双脚前外侧，然后身体重心前移，双手用力维持平衡并把身体向上撑起，双脚离地向前挪动。如果双脚落在拐杖处称之为**迈至步 (Swing-To Gait, Drag-To Gait)** (图 7-12)，如果双脚落在拐杖前方则称之为**迈过步 (Swing-Through Gait)** (图 7-13)。迈至步和迈过步都需要有足够的上肢力量，步行时消耗的能量也比较多，但这种步行速度较快 (最快可达到 1.8m/s)。相比之下，交替迈步和正常步行方式更为接近，但患者膝关节处于被动伸直位，并且由于屈髋肌也可

能受累，无法完成主动屈髋屈膝动作，所以在迈步时患者需要躯干肌用力提髋来实现同侧脚离地并在上肢帮助下旋转骨盆向前摆动下肢。开始训练阶段，患者一般只能交替迈出一支拐杖或一条腿，四步才能完成一个步行周期，称之为**四点步 (Four-Point Gait)** (图 7-14)。经过训练后，患者平衡和协调能力会有明显提高，可实现一侧拐杖和对侧下肢同时迈步，双侧交替进行，称之为**两点步 (Two-Point Gait)** (图 7-15)。脊髓损伤患者在四点步交替步态时，摆动侧下肢一般呈周期性髋外展、外旋和上提，两条腿交替向前摆动。在此过程中，需要双上肢用力维持身体平衡和重心转移，会消耗较多能量，所以这种步态效率相对较低。而两点步交替步态时，患者步行速度要快一些，消耗能量也相对少一些。

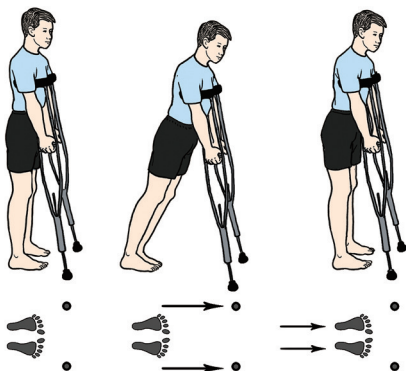


图 7-12 迈至步

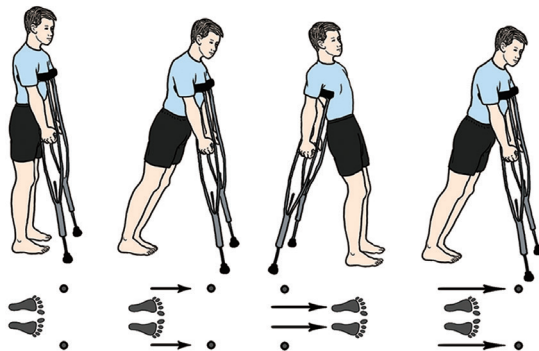


图 7-13 迈过步



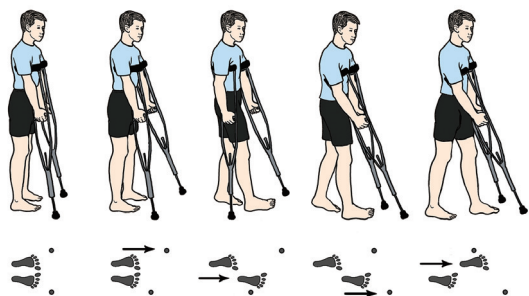


图 7-14 扶拐四点步

摆动步态对上肢的依赖较大，是在双上肢支撑的情况下，双脚同时向前跟进的一种步行方式，是高位脊髓损伤患者比较容易接受，也比较喜欢使用的方式，但步行速度相对慢一些。虽然很多患者认为摆动步态不符合正常模式，但相对较为简单的步行程序、较快的步行速度和较高的步行效率是患者在紧急情况下的首选方案。虽然截瘫患者交替步态和摆动步态各有优缺点，但也有重要的共同特点：两种步态过程中，不管是单腿支撑还是双腿支撑时都会出现髋关节伸展。髋关节伸展不是伸髋肌群主动收缩的结果，而是双上肢恰当用力的结果。因为伸髋站立更加安全和稳定，这样可以依靠髋关节本身的解剖特征和前部的肌群、韧带等来锁定关节，保持较好的直立体位。如果髋关节处于屈曲位，双上肢就需要非常用力以避免躯干向前倒下去。但即使可以靠伸髋来维持站立姿势，患者双手也需要足够的力量，因此患者双手往往会有不适。另外，患者借助伸髋体位可实现短时间的无支撑站立，这具有很重要的意义：患者能够腾出上肢把拐杖向前伸出，这是截瘫患者步行过程中必需的步骤。患者只需把身体重心移到髋关节后方，身体重力就能形成伸髋扭矩（图 7-16）。髋关节前部的软组织能限制髋关节过度伸展。如果重心落在前方，髋关节就会迅速屈曲。患者依靠髋关节伸展站立时，躯干后仰、髋关节伸展姿势时稳定且省力，此时踝关节是处于轻度背伸位的。因此，KAFO 的踝关节处会设计成有轻度背伸角度，

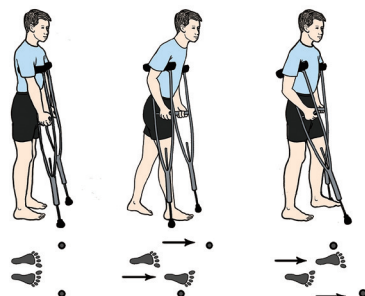


图 7-15 扶拐两点步

一般约  $5^\circ$ ，这样，患者借助踝关节轻微调整就能轻松稳定站立了。

**2. 穿戴 AFO 步行**  $L_3$  以下平面脊髓损伤或部分马尾神经损伤患者伸膝肌神经支配保留，股四头肌力量足以控制膝关节于直立支撑位，但控制踝关节的胫骨前肌、腓骨肌、小腿三头肌等肌肉瘫痪，踝关节稳定性差，需要使用 AFO 予以稳定，同时也可以改善足下垂症状。使用 AFO 步行的患者一般需要使用肘拐维持平衡，但也有部分年轻患者借助良好的平衡能力进行脱拐步行。



图 7-16 伸髋肌无力的患者穿戴 KAFO 步行时，手持双拐以控制上半身（躯干和头部）重心（圆点）落在髋关节后方即可维持髋关节伸展位，并保持站立姿势

### （三）穿戴 KAFO 坐站转移

穿着 KAFO 的截瘫患者要从轮椅坐位姿势站立起来有一些难度，这个动作对上肢力量的要求、对通过上肢控制身体平衡的能力等要求



甚高，需反复训练。

患者从轮椅上站立起来时，一般会先把膝关节锁定于伸直位，站起前，身体重心须尽量前移，同时张开双臂，肩关节内旋，双手握住双拐手柄，并使双拐脚端支撑于身体重心后下方的地面，躯干保持伸直状态，双眼直视前方，双上肢用力下压，肩关节内收，肘关节尽力伸直，即可提升躯体站立起来。在这一过程中，上肢除了要克服自身和矫形器重力来提升整体重心的高度外，还需进行适当的平衡控制以防摔倒，这对患者上肢及肩带力量要求较高。虽然患者可以采用膝关节屈曲的起始体位完成坐站转移，但这样做对上肢和躯干力量的要求更高，且在身体提升足够高度时还需依靠上肢的控制力使膝关节伸直并锁定。以上介绍的是患者仅借助双拐进行站立的方法，因拐杖的稳定性不高，坐站转移的难度也就很大。如果患者轮椅扶手高度合适，他们就可以一手扶着拐杖，

一手撑在轮椅扶手完成坐站转移（图 7-17），并且这种方式更为安全一些。

除此之外，患者还会在长期的生活中形成自己独有的坐站转移方式。有些年轻患者的躯干活动度和上肢力量较好，在从轮椅坐位站起来前，先把臀部移至座面前缘，身体可以轻微转向一侧，然后转动身体尽量面对轮椅，双手即可撑住轮椅扶手提升身体面对轮椅站立起来（图 7-18）。用此法完成坐站转移前要做好充分的准备工作，否则可能会出现失败。转移前患者需先把臀部移至轮椅座面前缘，锁定膝关节于伸直位，然后一侧下肢置于另一侧下肢上方。如打算身体右转站立起来，则左脚置于右脚上方；若打算左转站立起来，则右脚置于左脚上方。在依靠双上肢提升身体后，再调整下肢位置来承接身体重量，以便患者腾出手来拿取拐杖（表 7-2，图 7-19）。



图 7-17 患者穿着 KAFO 侧身一手扶拐一手扶轮椅从坐位站起



图 7-18 患者穿着 KAFO 转身从轮椅坐位站起

表 7-2 患者穿着 KAFO 并借助双拐从轮椅上站起

图示	动作描述
<div><p>图 7-19A</p></div>	<p>1. 把拐杖置于方便位置：双拐尽量向后放置，患者身体前倾，上肢尽量多的负重</p>

续表

图示	动作描述
 图 7-19B	2. 撑起至站立位：肩部下沉，然后后伸肩关节，同时伸肘关节提升身体转至站立位
 图 7-19C	3. 把拐杖移至前方支撑身体

### 第四节 下肢不全瘫患者的步行策略

关于脊髓损伤患者步行能力讨论的现有资料大多都是针对完全性脊髓损伤患者的，有关不对称性的运动功能缺损患者步行策略（Walking Strategies）的讨论较少，尤其是不完全性脊髓损伤患者的肌力残留及张力变化比较复杂，讨论起来比较困难，我们仅就相关常见问题简单笼统地介绍一下，以盼给读者提供一些有用的参考。

损伤程度较重的下肢不对称性瘫痪多见于腰骶髓和马尾神经损伤患者。腰骶节段双侧脊髓损伤平面不一致或马尾神经损伤对双侧下肢的影响可能有很大的差别。如左侧脊髓损伤平面在 L<sub>2</sub>，右侧脊髓损伤平面在 L<sub>3</sub>，该患者右侧下肢就会保留良好的支撑能力，而左侧却需要依靠 KAFO 才能满足站立支撑和步行的需要。马尾神经损伤患者也存在类似的情况。

肌张力对不完全性脊髓损伤患者运动功能

的影响是比较突出的，对胸腰段损伤患者也多有影响，但对颈髓不完全性损伤患者的影响尤为突出。一般损伤区域肌肉的张力越高，患者主动运动越困难；痉挛越频繁，运动也越困难，且有一定的危险性。这种复杂的肌张力表现对患者步行、转移、生活自理等方面均有明显的影响。

下文对一些典型的脊髓损伤患者的步行策略、步行模式，以及下肢矫形器的选配进行简单的讨论。

一、踝周瘫痪

1. 踝背伸肌无力（L<sub>4</sub>~S<sub>1</sub>） 踝背伸肌的主要功能是在步行周期的摆动相维持踝关节于适当背伸位，以及在足跟着地后脚掌缓慢落地时该肌离心收缩控制踝关节的跖屈运动速度。踝背伸肌无力会导致足在摆动相始终处于跖屈位，这就是通常所说的足下垂（Foot Drooping）。足下垂原因并不如此单一，除了踝背伸肌无力外，还可能由跖屈肌痉挛和挛缩

等原因引起。

足下垂患者为了避免足尖碰到地面或踢到障碍物而不得不采取一些方法，其中最为常用的方式就是加大屈髋屈膝的角度，把该侧脚提高以完成廓清过程，就像正常人跨过门槛一样，这就是跨阈步态（图 7-20）。这种步态下下肢各关节运动对称性严重受损，长期如此会带来很多负面影响。



图 7-20 跨阈步态

**2. 踝跖屈肌无力 ( $L_5 \sim S_2$ )** 踝跖屈肌主要指小腿三头肌（腓肠肌和比目鱼肌），另外还包括胫后肌、趾长屈肌、踇长屈肌等。在正常站立位或步行支撑相，踝跖屈肌几乎始终处于激活状态，这对人体维持身体前后平衡或向前推进运动起到非常重要的作用。步行支撑相的初期和中期，该肌离心收缩控制胫骨绕踝关

节向前旋转的速度和节奏，然后，从对侧脚着地开始到该脚离地期间，该肌群转为向心收缩，引起蹬地动作推动身体前行。脊髓马尾神经损伤患者常见踝跖屈肌无力的情况，因此在步行前期和中期踝跖屈肌对胫骨的控制作用减弱，重力作用于人体会使人体绕踝关节向前下的扭力增加，所以很容易导致胫骨旋前而出现踝背伸现象。如果踝关节背伸角度过大，髋、膝关节也需适当屈曲才能较好地平衡重心，这就形成蹲行步态（Squatting Gait）（图 7-21）。马尾神经损伤患者很难使用蹲行步态来弥补跖屈肌肌力的不足，因为即使髋、膝关节及时屈曲也无法有效阻止踝关节的进一步背伸，除非踝关节活动范围严重受限，否则患者就会主动过伸膝关节以代偿，这就形成了膝过伸步态（Knee Hyperextension Gait）（图 7-22）。如果在支撑相伸膝控制不良，就会出现膝关节突然屈曲的现象，即膝塌陷步态形成，这在本体感觉减退的患者中更加常见，所以患者在步行时常需集中注意力，并且在支撑相早期就主动伸直膝关节来承接转移过来的重心来避免这一现象。在这一代偿策略中，患者可维持踝关节于跖屈位，避免因跖屈肌肌力不足而无法控制胫骨向前旋转而致踝背伸或膝塌陷的现象出现。此类患者使用拐杖可有效避免这两种步态的出现，虽然这样会增大患者的体能消耗，却可使



图 7-21 蹲行步态（膝塌陷步态）



图 7-22 膝过伸步态

其步态更趋于正常模式。另外，跖屈肌无力会引起支撑相后期蹬地动作的缺失，患侧下肢的廓清则主要依赖屈髋肌群，这会明显影响对侧下肢的步幅以及步行速度。跖屈肌无力所致的廓清功能障碍还会影响患者在支撑相终末期的髋关节伸展角度。

**3. 踝足矫形器 (AFO)** AFO 是临床用来处理踝关节问题最常用的一款矫形器。AFO 的设计目的主要有以下几点：①限制踝关节于中立位，预防踝跖屈和内外翻；②同时提供一定的踝背伸辅助，并允许踝关节有一定范围的活动度；③轻度跖屈辅助等。临床上会根据患者具体的功能障碍情况予以选择。下面就常用的几种 AFO 进行简要介绍：

(1) 后侧弹性 AFO：后侧弹性塑料 AFO 的主要功能是维持患足于中立（图 7-23）。该种 AFO 由轻薄的热塑性材料制作而成，可轻度控制踝关节角度，防止足下垂，适用于单纯踝背伸肌无力的患者。该矫形器踝关节后方的三维“X”形部分以及两边向前环绕的连接部分可阻止踝关节跖屈。患者穿戴这种矫形器可防止踝关节在摆动相出现明显跖屈，防止脚趾拖在地面上或触碰障碍物。可有效降低患侧下肢采用跨阈步态大范围屈膝屈髋代偿步行的概率，并且节省能量，增加安全性。



图 7-23 后侧弹性塑料 AFO

(2) 定踝 AFO：定踝塑料 AFO 即全包裹型 AFO，是由较厚的高温热塑材料塑制而成（图 7-11），踝关节内外侧有平行于人体矢状面的连接部分连于小腿和脚底部分。因此该 AFO 不仅有在支撑相阻止胫骨旋前而出现踝关节背伸的作用，还有在摆动相阻止踝关节跖屈的作用。它不仅适用于踝背伸肌或跖屈肌都瘫痪的患者，也适用于跖屈肌或背伸肌痉挛的患者。相比后侧弹性塑料 AFO，定踝 AFO 能提供更加良好的踝关节稳定性和对抗跖屈肌张力的作用。另外，由于该款 AFO 的包裹性较好，热塑材料强度亦较高，因此对踝关节内外翻的控制作用较强。碳纤维材料的定踝 AFO（图 7-24）虽然比较轻巧，但却有良好的抗张力性能，对踝跖屈下垂、足内翻等都有较好的控制力适用于踝背伸和（或）跖屈肌瘫痪的患者，良好的弹性有利于蹬地和廓清。



图 7-24 碳纤维弹性 AFO

(3) 弹力动踝 AFO：塑性弹力动踝 AFO 主要由小腿后板、足底板和左右两个弹性关节组成（图 7-25），而碳纤维材料制作的弹力动踝 AFO 采用弹性枝条提供踝背伸动力，并且模糊了踝关节轴心（图 7-26）。弹力动踝 AFO 有背伸踝关节的助动作用，可以在患腿摆动相被动背伸踝关节，避免足下垂或足趾触



地。但由于弹力有限，此款 AFO 适用于矫正和预防小腿三头肌张力较低或痉挛程度较轻的患者，但对跖屈肌无力的患者不适用。塑性动踝 AFO 足底部后缘和小腿后板下缘接触部位有阻止关节进一步跖屈的作用，为踝关节过度跖屈的止动装置，这一阻止作用限制踝跖屈功能，会影响患侧脚的蹬地作用。另外，该矫形器对患者伸膝和踝跖屈功能有一定的要求。在



图 7-25 塑性弹力动踝 AFO

**4.AFO 对步态的影响** 为患者适配 AFO 的主要目的是改善他们平地步行姿势和步行效率，因此 AFO 主要是基于平地步行时的运动学参数设计的。但由于设计目的和材料特性等方面存在一定的不足，在特殊情况下也会给患者的步行活动带来不利的影响。基于平地步行的设计思路是稳定患者踝关节于中立位，而因材料本身的性能缺陷和制作技术问题。一体式 AFO 不能反复或大范围弯折，弹性塑料 AFO 和定踝 AFO 都不允许踝关节大幅度屈伸运动，弹力动踝 AFO 在踝跖屈角度上也受到很大的限制。因此患者穿戴 AFO 时不能蹲下、不能按正常方式上下楼梯、不能顺利上下斜坡等，即使是单独用于背伸肌无力的后侧弹性塑料 AFO 也不例外。踝跖屈肌力较弱或张力较低的患者佩戴弹力动踝 AFO 步行时，在足跟落地并跟上压力后，脚前掌不能及时跟随落地，若要使整个脚掌着地，需轻度屈曲膝关节以弥

支撑相初期，患侧足跟着地后，如果伸膝力量较弱，下肢力量不能有效转移到该侧足跟，则可能会因为踝关节背伸位而出现膝塌陷现象，如果踝跖屈肌有一定张力或（和）肌力则出现这种现象的机会也较小。碳纤维弹力动踝 AFO 更加轻薄和方便，除了对踝关节内外翻控制作用较弱外，和塑性弹力动踝 AFO 的适用范围基本一样。



图 7-26 两侧枝条碳纤维弹性动力 AFO

补，这需要一个很大的伸膝扭矩来防止膝关节进一步塌陷。定踝 AFO 对膝关节的影响在上下斜坡时更明显。上坡时，定踝 AFO 小腿背板多会向后推送患者的胫骨，导致膝过伸（图 7-27）；而下坡时，AFO 小腿背板则会向前推送胫骨，就会出现膝屈曲现象（图 7-28），如果伸膝肌力量不足，会引起患者恐惧跌倒而不敢前行。临床应用时还会根据患者的具体情况而可能把 AFO 设计成轻度背伸位或跖屈位，一般为  $5^{\circ}$  左右。跖屈位 AFO 又称地面反应性 AFO，在站立中末期有对胫骨向后推送的作用，这有助于膝伸直，主要适用于踝周无力伴股四头肌力弱的患者。一般情况下，患者踝关节跖屈越厉害，廓清就越困难，虽然垫高对侧足底可减轻患侧足的廓清难度，但并不能从根本上解决问题。另外，患者佩戴 AFO 时，尤其是定踝 AFO，踝关节无法背伸，这会影响患者的主动运动表现。例如患者从坐位向站立位转移

时，患者双脚若不能足够地背伸，身体重心就难以移向前方的脚上，必须借助上肢抓握其他

物体才能站立起来，且坐姿越低，依赖程度就越大。



图 7-27 穿戴 AFO 上坡时因 AFO 背板的后推作用，膝关节会出现过伸现象



图 7-28 穿戴 AFO 下坡时会出现膝关节屈曲无法伸直的情况，股四头肌无力的患者有膝塌陷跌倒的危险

## 二、膝周瘫痪

**1. 股四头肌无力 ( $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ )** 股四头肌在步行过程中的作用主要体现在坐站转移和支撑功能上。坐站转移包括从坐位到站立位的转移和从站立到坐位的转移，两个过程都需要良好的下肢力量，股四头肌无力的患者必须借助辅助器具或他人的帮助才能完成这些动作。正常步行时，在一侧下肢进入支撑相后，股四头肌作用于膝关节提供稳定支撑。在该侧下肢支撑相初期即足跟着地开始，股四头肌开始离心收缩控制膝关节屈曲运动。随后，在膝关节屈曲缓冲到一定角度时，股四头肌随即转为向心收缩和股二头肌协同控制膝关节伸展运动。整个过程中股四头肌作用形成强大的扭矩以防止因膝关节塌陷而跌倒。股四头肌无力的患者无法保证患腿有效支撑和缓冲过程，所以在支撑相前期就会提前伸直膝关节支撑体重，且在整个支撑相都保持膝过伸状态。膝过伸是股四头肌无力患者步行时最常用的代偿策略。患者使用拐杖、平行杠、助行器等辅助器具可借助

上肢力量来减轻下肢承重负荷，降低膝塌陷的风险。在患者步行过程中，适当的膝过伸角度有利于提高膝关节稳定性，但过度膝过伸就会导致患者更大程度地踝跖屈，并且会依靠髌关节屈曲来防止重心后移带来的负面影响，这不仅加大了对侧下肢向前推送身体的难度，还降低了患侧支撑时的身体高度，并且长期膝过伸步态还会引起膝关节疼痛。临床上脊髓损伤患者单纯出现**股四头肌麻痹无力 (Quadriceps Paralysis or Weakness)** 的情况很少见，通常会合并踝周和髌周肌群力量失衡，一般使用膝-踝-足矫形器 (KAFO) 即可避免以上现象。

**2. 腓绳肌无力 腓绳肌无力 (Hamstring Myasthenia)** 对步态的影响很容易被忽视。腓绳肌主要以离心收缩的方式发挥作用，在摆动相和支撑相中末期控制膝关节伸、屈的速度和角度。在摆动相前期，腓绳肌开始向心收缩，屈曲膝关节以准备进入摆动相。在步行活动中，腓绳肌主动收缩作用对膝关节活动的影响较小，屈膝运动主要依赖屈髋后小腿重力的作用

实现。腓绳肌无力的常见表现和股四头肌无力相似，同为采取膝过伸步态。但也有少数患者会因膝关节不适而轻度屈膝步行（严重者会蹲行），以避免膝关节在接近伸直位时突然出现膝过伸动作而出现不适感，这种方式也明显减轻腓绳肌的募集状态。一般情况下，不建议患者采取膝关节过伸的方式步行，但同样也不建议采用蹲行的方式，因为长期蹲行可能会导致髌膝关节屈曲痉挛。

**3. 膝周肌力失调的应对策略** 对脊髓损伤患者来说，由于股四头肌瘫痪无力需要 KAFO 进行矫治，无需考虑膝过伸问题，而腓绳肌无力是出现膝过伸最常见的原因。腓绳肌无力患者膝过伸最常出现在支撑相中末期，此时患侧下肢负重逐渐增加，股四头肌在驱动关节伸展的过程中缺乏对侧协调，很容易导致膝关节至过伸位。若患者长期采用膝过伸步态而不予矫正，则会造成膝过伸角度逐渐加剧，形成膝反屈（膝过伸畸形）。有研究认为膝反屈不仅会引起膝关节慢性疼痛，还会影响步行姿势和步行效率。但还有研究认为膝反屈和慢性膝痛之间的关系仍有待商榷。

临床用于矫治膝关节的矫形器很多，膝关节能限位矫形器（图 7-29）既可完全制动膝关节，也可限制膝关节在某一范围内活动，因此对预防和矫治因腓绳肌无力而引起的膝过伸有很好



图 7-29 膝关节限位矫形器

的作用。另外，轻度背伸（约  $5^\circ$ ）的踝足矫形器也有防止膝关节过伸的功能。在全脚掌落地的情况下，AFO 的小腿部分可以阻止胫骨旋后运动，保持膝关节微屈或中立位，防止膝过伸，但这要求患者股四头肌有良好的肌力和控制能力。

### 三、髋周瘫痪

**1. 屈髋肌无力** 髂腰肌为主要屈髋肌，包括髂肌和腰大肌。髂腰肌在缓慢步行过程中是发起屈髋动作的重要肌肉。如果患者单侧屈髋能力不足，则会更多地依赖髋外展外旋肌、后仰躯干或对侧提踵代偿。而最常见的代偿策略是患腿迈步时往往会先外展、外旋髋关节，然后依赖内收肌群迈步，整个过程呈画圈步态。若如此代偿还有困难，患者则会使用对侧屈和伸展躯干、对侧提踵的策略，没有合适的矫形器可以提供帮助。但脊髓损伤患者大多是双侧屈髋肌以下都无力，上述代偿策略基本都不适用，下胸段和上腰段平面损伤患者大多借助 KAFO 或 MLO 即可实现扶拐步行，步行时主要依靠躯干肌提拉和旋转骨盆引导下肢运动。而高位中段胸髓损伤患者借助 HGO、RGO、ARGO 等截瘫矫形器可辅助屈髋，实现迈步功能。

**2. 伸髋肌无力** 臀大肌为主要伸髋肌，但在站立位下，臀大肌为远端固定收缩，其作用主要是维持髋关节伸展和骨盆后倾。马尾神经损伤常会引起臀大肌麻痹，患者前倾身体时会因臀大肌固定作用缺失而无法恢复直立状态，因此患者站立位时多始终保持伸髋状态。这种状态需由踝被动背伸、膝关节伸直和髋关节过伸共同维持，即挺腹姿势。患者挺腹站立时，重心会落在髋关节后方，即形成被动伸髋扭矩而能够保持稳定站立。如果患者不能保持这一体位，则需用手扶持物体才能预防躯干前倾。臀大肌无力患者步行时仍然需要保持挺腹姿势，亦称为臀大肌步态（图 7-30）。



**3. 髋外展肌无力** 臀中肌为主要的髋关节外展肌，臀中肌无力对患者步行姿势的影响甚大。人体直立状态下，外展肌主要负责对骨盆的控制，在一侧下肢负重支撑的情况下维持骨盆水平的同时，还要维持对侧下肢于中立位。若髋外展肌肌力不足，在同侧下肢处于支撑相时，对侧骨盆会下降，影响对侧下肢迈步相时



图 7-30 臀大肌步态

**4. 髋周肌力失调的应对策略** 临床上因脊柱脊髓损伤而出现单一肌肉麻痹力弱的情况极其罕见，大多会出现一系列肌肉无力。比如 L<sub>1</sub> 及以上脊髓平面损伤的患者髋、膝、踝周围的肌肉几乎全部受累。KAFO 虽然能有效固定膝踝关节，但对髋关节却无法提供有效的支持，除了依靠上述挺腹和加大躯干左右摆动幅度的方法弥补臀大肌和臀中肌肌力不足外，对屈髋肌肌力不足只能依靠躯干肌和上肢力量予以辅助。但对下肢广泛性肌肉失神经控制的患者来说，这些策略都难以改善患者站立和步行功能。下胸段或上腰段脊髓损伤截瘫患者使用 HKAF0、Walker-About 等均可弥补髋外展肌力不足或对抗内收肌痉挛，同时还要适时借助前述代偿策略。临床只有马尾神经损伤时才会出现小范围肌肉麻痹无力的情况。例如马尾神

长和步幅。为了弥补这一问题，患者常采用左右大幅度摆动躯干的方式来维持或提升对侧骨盆的高度，以使对侧下肢获得足够的空间完成摆动动作，提高步行效率。患者这种大幅摆动躯干的步行方式被称为臀中肌步态，亦称鸭步（图 7-31）。



图 7-31 臀中肌步态（鸭步）

经损伤会导致髋后外侧肌肉力弱，再广泛一点还可能累及踝周肌群。神经损伤累及臀大肌和臀中肌无力者需要挺腹维持前后稳定，需要左右大幅度摆动躯干来维持步行状态下的平衡。若踝周肌力受损，则需要使用定踝 AFO 矫正足下垂。给患者适配肘拐就可以借助上肢力量减轻躯干摆动幅度，并提高步行速度，但仍需保持挺腹伸髋姿势。

### 第五节 功能性电刺激在脊髓损伤步行功能康复中的应用

功能性电刺激是对肌肉施加电刺激以改善或恢复瘫痪肌肉功能的一种技术，所以也称之为功能性神经肌肉刺激（Functional Neuromuscular Stimulation, FNS）。自 1961 年 Liberson 等使用功能性电刺激（FES）技术刺激腓骨长短肌



矫正偏瘫患者足下垂问题以后，在神经显微外科学、微电子学、生物信号加工与处理技术快速发展的基础上，FES 技术逐渐被广泛应用于神经损伤患者，不仅成功恢复了瘫痪者的手、上肢、躯干、腿及膈肌的功能，并在一定程度上促进了其膀胱和直肠的排空功能。很多研究结果显示，FES 可刺激瘫痪肌肉，引起肌肉收缩，实现部分肢体功能。如同时刺激腕背伸肌和屈指肌可实现抓握功能，顺序刺激屈髋屈膝肌和股四头肌可实现步行功能等。尤其是针对下肢的 FES 治疗可明显提高患者步行速度和步行距离，并节省能量消耗，降低运动疲劳程度。

FES 联合截瘫矫形器的**混合矫形系统 (Hybrid Orthosis System, HOS)**曾在帮助完全性中段胸髓损伤患者实现家庭和社区步行中获得良好的效果。在此基础上，众多科研机构已经研制出由动力型矫形器和 FES 组成的混合控制系统、由 FES 和储能矫形器**能量储备型矫形器 (Energy Storage Orthosis, ESO)**、由减重步行平板与 FES 结合的**驱动型步态矫形器 (Driven Gait Orthosis, DGO)**、以 FES 为主要手段的步态仿生训练系统等。应用这些混合系统，能减轻治疗师劳动强度，改善患者的步行速率、步行距离、功能性活动质量，提高患者步行训练的适应性和依从性等。此外，还有由 FES 刺激器、机械装置、控制器及信号采集设备等几部分组成的有反馈功能的 FES 踏车系统。该系统可有序刺激下肢肌肉群进行周期性运动，帮助脊髓损伤患者进行下肢功能性活动，甚至移动功能。以上介绍的主要是表面电极刺激系统所取得的研究成果，还有研究人员尝试了植入式电刺激系统。如 Weber 等将微接收电极放置于脊髓后根神经节附近收集传入反馈信息，来选择性诱导安装于腰段脊髓内的微刺激电极以引起下肢运动。虽然以上两种电刺激方式已经取得不错的效果，但在实际临床应用中

发现，无论是在脊髓损伤急性期还是在慢性期，功能性电刺激都可以辅助患者更好地实现站立平衡和坐位平衡，且能很好地维持或逆转肌肉组织结构、质量和力学特性，另外对改善心血管系统、呼吸系统的功能，以及骨代谢等都有很好的作用。因此，FES 对脊髓损伤患者恢复步行功能具有巨大的潜在价值。

研究还发现，FES 对完全性颈髓或上胸段脊髓损伤患者的作用不如对胸腰段脊髓损伤患者的效果理想，对完全性损伤患者的作用也不如对不完全性损伤患者的作用更加让人满意，且用于完全性脊髓损伤患者时，更加趋向于和下肢矫形器，甚至和**康复机器人 (Rehabilitative Robot)**联合使用。

## 第六节 康复机器人在脊髓损伤步行功能康复中的应用

除了使用矫形器和 FES 外，针对脊髓损伤，尤其是不完全性脊髓损伤患者的步行训练，采用人工辅助运动平板和**减重平板训练 (Body Weight Supported Treadmill Training, BWSTT)**是基于脑和脊髓可塑性原理进行重复的、特定任务的训练，让患者能够在足够重复性活动中获得使大脑皮质通过深刻的体验来学习和储存的正确的运动模式。在过去的 20 多年里，BWSTT 被证实可以明显提高脊髓损伤患者的步行能力，但主要是不完全性脊髓损伤患者。

虽然减重运动平板训练是脊髓损伤患者较好的步态训练方法，但因其对治疗师体能消耗大，步行控制的质量和时间内都不能得到很好的保障，临床应用受到一定限制。下肢康复机器人的出现很大程度上解决了这一问题。目前常用的下肢康复机器人按驱动方式可分为腿部驱动和足底驱动两种。足底驱动步态康复训练机器人通过驱动患者足部模拟步行过程中踝

关节的运动轨迹来进行步态训练，通常与减重训练相结合，其主要结构是一对可按照一定轨迹运动的活动踏板。训练时，患者站立于踏板上并在其带动下完成步行动作。腿部驱动机器人人为外骨骼式，这种机器人的主要特点是具有类似人腿的仿生外骨骼结构，使用时，外骨骼机械腿可根据下肢关节在步态周期中的运动轨迹模拟正常步态，带动患者完成步行动作。Lokomat 步态康复训练机器人是发展较快的外骨骼式机器人初级形态，在临床应用较为广泛，eLEG 已经实现脱离固定装置在自由空间内步行。虚拟现实（Virtual Reality，VR）技术结合康复机器人构建了沉浸式患者主动参与的虚拟和实体相结合的交互训练环境，提高了康复训练的趣味性和持续性，同时也能实时进行部分效果反馈，有利于提高训练效果。

虽然到目前为止还没有有力证据证明下肢康复机器人训练比其他方法更有效，但它在脊髓损伤康复领域的优势已经有所显现。Israel 等对下肢康复机器人辅助平板步行训练与人工辅助平板训练时患者的能量消耗及下肢肌肉激活模式进行了比较，结果发现机器人辅助行走时代谢消耗及摆动期髋屈肌的肌电活动较人工辅助明显下降，但数值下降是否更加有利于康复疗效尚未可知。Niu 等研究发现 Lokomat 机器人可明显提高不完全性脊髓损伤患者的步行速度。郭素梅等的研究也发现康复机器人训练可改善不完全性脊髓损伤患者的部分步态参

数，降低步行时的能量消耗。另外，机器人对下肢康复训练的速度、引导力及髋、膝关节角度调节不当会影响机械腿与运动平板的同步性，仍需要治疗师给予适当的辅助和指导，训练前还需根据每个患者具体情况进行个性化参数设置。

尽管许多研究证实了下肢康复机器人对脊髓损伤患者步行功能训练有很好的作用，但其临床应用的局限性也不得不考虑：①机器人辅助步态训练时对患者主动或被动成分和比例的识别能力欠缺，患者完全可依靠设备而被动活动，影响其主动运动参与度；②康复机器人限制了患者步行时下肢各关节的自由度，如外骨骼式机器人把患者下肢限定在矢状面上运动，限制了患者髋部的内收、外展和旋转运动，限制了重心转移及躯干运动功能；③缺少人机互动，在步行周期中无法根据患者主管意愿和需求而随时进行变化等。目前针对脊髓损伤上肢功能康复的机器人研究不多，但针对脑损伤偏瘫患者的研究较多，可以参考应用。

综上所述，康复机器人在脊髓损伤康复中的应用已取得了一定进展，相较于其他人工辅助步行训练有其独特的优势，具有广泛的临床应用前景，但在临床应用中的局限性也不容忽视。随着科技的进一步发展，康复机器人的功能会不断改进和提高，其应用及机制研究将会越来越深入。

（胡思学 夏楠）

# 第八章

## 脊髓损伤运动训练策略

一般情况下，脊髓损伤早期患者都无法进行各种日常生活活动，主要的原因除了患者力量不足外，还因其缺乏相应的运动技巧。由于患者受伤前的功能活动方式已经无法有效应用，他们无法支配神经受损的肢体参与运动、应对需求，也不知道如何使用身体残余功能来实现活动，甚至原本非常简单的如翻身动作对他们来说都变得异常艰难。很多脊髓损伤患者开始阶段不会翻身并非因为这个动作有多么困难，主要是因为他们不能有效地运用翻身技巧，不能有效地发挥自身未受伤肢体或肌肉的功能，也不知道如何用身体关键部位如头部、上肢等的活动来引导或配合翻身活动。

患者应该尽可能早地开始学习这种基本活动技巧，这对促进患者早日实现生活自理有重要意义。另外，物理治疗师还需要做更多的工作，提高患者更多方面的活动技巧，以促进他们回归社区、回归工作岗位等。

由于脊髓损伤对下肢功能的影响尤为突出，绝大多数患者的行走能力都会受到明显的影响，未来生活对轮椅的需求很大，为了患者在回归家庭和社会后能非常安全地操控轮椅实现更多的活动，轮椅操控技巧的训练也是康复治疗工作的重点。例如，患者自己要能把轮椅前轮抬起并保持平衡，两轮平衡技巧在患者外出、社会交往或工作学习时能为患者提供非常大的便利条件，掌握此项活动技巧的患者能轻松地跨越一些障碍，大大提高患者的室外出行能力。

对脊髓损伤患者而言，学习各种运动技巧就像练习网球、高尔夫球一样，需要克服体能、力量、运动技巧等一系列的问题。对部分患者而言，在重新获得全新的日常活动技巧的过程中，需要不断练习并掌握躯体完全不同的肌肉激活和协同运动模式，这些都应属于新技巧的学习。一定程度而言，他们这些功能的再训练甚至比专业运动员的专业技能训练更难。所以，物理治疗师很大程度上像专业教练教导运动员那样，可能会花费非常多的时间和精力研究合适的教授方法，并且还要不断地督促和引导患者加强和巩固这一新技能，以确保他们能获得良好的治疗和训练效果。

### 第一节 运动控制和运动学习理论

运动训练作为运动再学习方法的重要组成部分，对神经功能障碍患者的康复治疗有非常重要的作用。同时，运动训练也是任务导向训练（Task Oriented Training）法（又称系统训练法）的重要理论内容。虽然这两种方法都是基于脑卒中和脑损伤康复治疗经验发展而来的，但运动控制理论和运动学习理论对脊髓损伤的康复治疗也有重要的指导意义。

根据运动控制理论，正常运动是在把既往存储在大脑中的固定的程式化运动神经信号传递到外周，并以特定动作体现出来，完成有实



际意义的、准确的、有效的躯体功能活动。目前对于神经系统如何在组织运动的过程中发挥调控作用的认识尚存在分歧,通常认为运动控制理论强调动作组织协调的神经生理和神经解剖结构的不同方面。有人认为该理论更加强调外周的影响,也有人强调中枢的影响,还有人认为环境信息对中枢神经系统控制行为有重要的影响。所以,运动控制理论从哲学的角度反映了大脑对运动控制的不同认识方向。

运动控制的机制和运动再学习都有自己相对成熟的理论基础,虽然复杂和难以理解,但都能在一定程度上对运动控制和运动学习进行解释。但近年来又在此基础上发展出运动图式理论和运动阶段性学习理论两大神经疾病康复理论。这些理论最初都是基于对健康人群和运动员的研究获得的,但都可辨证地用于脊髓损伤患者的康复治疗。这些理论不仅能有效地解释脊髓损伤患者是如何学习运动控制的,还能指导物理治疗师最大限度地优化患者的运动学习进程。

**1. 运动图式理论** 运动图式理论 (Motion Schema Theory) 是依靠记忆中的抽象事件再现 (即运动的印象) 来引导一类动作多样化地体现,强调开放式的运动过程和统一的运动概念,虽不包括特殊的运动,但趋向于特定运动的一般规律,即通用策略才是应对各种问题的简化处理方案。图式学习理论有其自身的缺陷,有认知功能障碍的患者因无法接受和理解这一思路而难以有效将其应用,并且该理论也不适合训练患者不熟悉的动作任务。运动图式理论实施的前提是运动控制策略要与特定运动环境相适应,其有效学习的基础是患者对受伤前自身对具体运动任务的认识和理解,更加强调既往运动印象对运动学习的作用。

人生活在实际社会中,其所处的环境复杂多变,在不同环境中的运动所要克服的障碍完

全不同,即使环境中的某一物体位置发生超过几毫米的变化,人体运动可能就要做出一系列的调整。临床工作中,我们无法模拟所有的运动环境为脊髓损伤患者提供运动训练,事实上患者也无法无限制地重复各种环境下的某一动作。有学者认为,人体有目的的功能动作基本有相对固定的运动模式,这是程序化运动模式的理论基础。在康复治疗中,患者在掌握了运动程序的基础上,能更好地调节自身主动运动的策略。而运动图式理论为患者提供了一种程序式运动背景或程序编码,这种程序或编码确定了肌肉收缩时机、收缩顺序以及收缩力量。患者在反复的训练后,会逐渐掌握某一类动作的正确运动模式,一旦该运动模式被确立或固定下来,类似的动作就可以在某种程度上自动执行,这就使得患者能在继续保持原来工作或动作状态的同时,可以分出更多的注意力执行新的工作任务。运动训练若能达到这种效果,患者就可以逐渐学会在不依靠反馈机制控制动作过程的情况下熟练地完成目标活动。

模式化的运动在执行过程中还可逐渐适应各种不同速度和动作幅度的要求,并且会变得更加精确。脊髓损伤患者在开始阶段无法有效地完成各种运动任务,最重要的原因是他们尚未掌握全新的运动模式。对他们来说,这种新的运动模式就是要学会使用受累肢体的残存肌肉,甚至未受累的上肢健全肢体或肌肉按照合理的顺序、恰当的启停节奏、精确的力量控制、全新的运动方式等实现有目的的运动,即合适的运动控制过程。

**2. 运动阶段性学习理论** 运动阶段性学习理论 (Motion Phased Learning Theory) 要求患者主动学习和贯彻整个运动过程各个阶段活动的内容。运动阶段学习分为三个关键阶段,从患者对目标任务动作的分析,到动作过程中的动作组合,再到具体的动作实施阶段都需要有



明确的认识。第一阶段为认知阶段。在运动训练的初始阶段，患者需要不断地理解和体会整个运动任务过程，在反复尝试的具体活动中逐渐找到和正常动作最为接近的动作。在这一过程中视觉反馈和感觉关键点的运用是非常重要的。第二阶段是动作组合阶段。本阶段重在引导患者学习更加连贯的执行动作，逐渐消除额外的、不必要的、错误的动作，达到各种动作的精确执行。在这一阶段，本体感觉和肌力、肌耐力等运动控制因素的作用会逐渐加强，患者的具体动作也会更加精细。第三个阶段是动作自动化阶段。在患者运动控制能力逐渐加强的过程中，患者可逐渐学会在注意力分散的情况下正确地、精确地完成既定的、精确的目标活动；并且，类似活动的技巧也可以同时掌握。

## 第二节 运动训练原则

运动训练要想获得理想的效果，关键因素是训练措施恰当、要有足够的运动强度和训练量，并需积极地、反复地练习。运动训练应该具有明确的目的性，要直接针对患者实际功能缺陷，或者直接训练患者低下的运动功能。有时，二者要同时进行。在有目的的训练过程中，还应满足训练动作的设计与实际环境相适应这一基本要求。

在运动训练过程中，可先降低目标动作的训练难度，在功能改善后再逐渐提高动作难度，这种难度可以通过提供不同的运动环境来设置，也可以从动作本身的难度来设定。在患者功能逐渐改善后，再回归到实际环境中提高能力，直到实现功能独立。脊髓损伤患者最主要的功能之一就是实现床面与轮椅之间的独立转移。现实生活中，床面和轮椅之间可能有明显的高度差，但训练时可先练习从高处向低处的转移，再训练等高平面之间的转移，在患者上肢肌力和转移技巧等能力提高后，再进展到

从低处向高处的转移，并可以根据患者的能力逐渐增加两个平面之间的高度差。训练可在环境较为简单的床面与床面之间开始，逐渐过渡到有车轮或扶手影响的床与轮椅之间的转移。在训练过程中始终都应该确保患者有足够的训练强度和量，以及良好的训练技巧，这样才能促进患者的活动能力得到快速提高。不同平面之间转移训练最高的目标是患者可以独立进行地面到轮椅之间的转移。

脊髓损伤后，尤其是在早期阶段，患者功能活动能力不足，独立转移、步行等活动明显受限，这种情况下患者还会因为无法完成这些原本非常简单的活动而异常沮丧，严重缺乏康复的信心。此时康复训练首先要解决的问题就是提高患者的信心，其次是适当提升患者解决其他实际问题的能力。有目的地转移患者对自身功能的注意力非常重要，因为患者在各种基础运动如翻身、卧坐转移等能力获得较大改善的同时，会建立良好的康复信心，这有助于患者进一步接受康复训练。

运动功能提高训练，从早期康复阶段就需要采取不同的策略，一般有两种解决方案可以参考使用。一种是提供有效的外部帮助，一种是降低运动的难度系数。外部帮助可以由他人提供，给予一定的力量协助或支持，也可以使用各种运动器械如机器人、悬吊系统或者矫形器等，这些帮助均需提供的恰到好处，所给的帮助不能过少，但也不宜过多，既要避免帮助不足导致患者因经常失败而发生明显的心理变化，也要避免帮助过度而导致患者训练强度不够。降低运动的难度系数也可以用提供帮助的方式来解决，但更应该采用合理高效的运动方案。最大程度地简化运动程序和高效的运动方案既可以帮助患者完成当前的运动训练任务，也有助于引导患者在进行较高难度功能活动时主动尝试新的运动技巧。

### 第三节 运动相关因素分析

脊髓损伤患者运动训练的进程很大程度上取决于物理治疗师对相关问题的解决和处理技巧，以及对不同瘫痪程度下可能采取的运动策略的理解。在经过前期的一系列临床检查和评估后，物理治疗师可判断患者能够尽快实现的基本的运动目标，如床上独立翻身、独立支撑坐起、从卧位转移到坐位、床和轮椅之间的转移、辅助或独立步行等。在指导患者训练和学习这些功能活动时，物理治疗师要观察患者的实施情况，然后对动作进行再分析（图 8-1），判断动作过程中的不足因素，以及患者在具体动作过程中哪个阶段（子任务）有困难或者无法实施。在进一步明确患者无法完成的子任务的同时，还要分析患者无法执行子任务的原因。然后再针对子任务实施过程中的相关因素进一步检查和分析，明确影响任务的不足之处。一般情况下，这些因素包括力量不足、关节活动度下降、动作技巧缺乏、恐惧心理，以及活动适应性下降等。物理治疗师应根据分析结果采取相应的措施，如果有些问题无法克服，可尝试采取特殊的运动技巧。

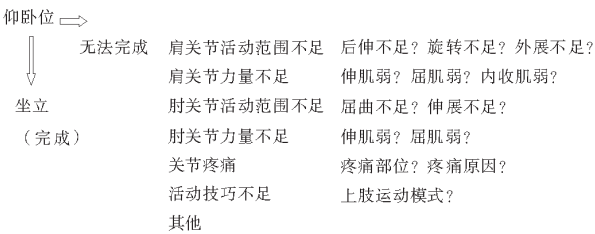


图 8-1 从仰卧位向坐位转移能力训练的分析路线图

### 第四节 动作分解

动作分解（Action Break Up）是运动员进行专项运动技能学习或改进时常用的方法之一。简单来说就是将复杂的运动技术按照动作过程分解为若干个动作片段，并逐项进行训练。

这些分解后的动作片段应该尽可能地容易理解和掌握，当运动员掌握了各个阶段性动作后再把动作融合连串起来训练，直到整个动作可以一气呵成。脊髓损伤患者瘫痪肢体不仅无法提供各项运动所需的动力，且会影响到未受累肢体的活动，在开始训练阶段，要想提高患者转移等各种活动能力，就需要把这些活动分解为若干个阶段性动作进行训练。动作分解后，要首先针对整个活动中最为关键的环节进行训练，在这一关键动作改善后，再逐渐融入相邻的活动成分，直到整个活动过程都能独立安全地进行。

C<sub>6</sub> 损伤的截瘫患者无法从仰卧位转移至床边坐位，物理治疗师要想帮助患者实现这个功能，可以按照以上方法把这一动作过程分解开来训练，并且，每个分解动作要遵循循序渐进的原则、先易后难的顺序进行。这个动作过程中大体可以分为从仰卧位到侧卧位、从侧卧位到侧卧屈身体位、从侧卧屈身体位到坐位等几个步骤。从侧卧位到侧卧屈身体位的转移（图 8-2）是该套动作中的关键步骤，患者需双肘支撑在床面上向脚端“步行”至躯干与下肢呈 90° 位。训练初期阶段这个动作有较大难度，其困难之处主要在于双肘的交替过程，由于躯干呈旋转姿势，双上肢交替负重支撑和转接过程较难协调。如果患者无法完成，可以先练习另外两个动作来打好基础。一是让患者直腿坐位上半身侧身趴在旁边较高的床面或桌面上依靠双肘来回“步行”训练（图 8-3）；二是让患者在俯卧位下练习双肘交替匍匐支撑或爬行的动作（图 8-4）。这两个动作的主要作用是提高患者对屈身动作的认识，锻炼患者利用上肢进行左右重心转移技巧的能力，以及提高上肢力量。需要注意的是早期创伤性颈髓损伤的患者不宜做这些训练。





图 8-2 床面上练习屈身动作



图 8-3 为减轻屈身运动的难度，先在一旁较高的床面或桌面上练习屈身动作



图 8-4 垫上俯卧位练习单侧肘支撑，为肘“步行”打基础

另外一个康复训练的重点工作是空间转移。脊髓损伤患者转移时主要依赖上肢力量，早期开始训练上肢力量是很必要的。在患者开始坐到轮椅上时就鼓励他们双手或双肘撑在轮椅轮胎或扶手上撑起身体（图 8-5），坚持的时间或重复的次数可以作为粗略评估指标。在患者可独立坐在床面或垫上时，可以支撑身体两侧的桌面、凳子、支撑垫、三角架或床面

等使臀部离开床面（图 8-6~ 图 8-8），所用器具的高度可以调整。这种使用合适高度器具训练患者支撑能力的方法能满足锻炼患者上肢不同水平肌力的需求，且对接下来训练床上体位转移或床椅转移等也有很好的帮助。如果有必要，还可以提高双上肢支撑的高度，如支撑比轮椅扶手更高的双杠，尽可能地增大患者空间转移的高度差。患者独立转移所能克服的高度差越大，其转移能力也就越强。



图 8-5 双手支撑于轮椅扶手上练习支撑



图 8-6 肘支撑在桌面上练习



图 8-7 三角架支撑



图 8-8 双手支撑在床面左右转移

脊髓损伤患者失去下肢功能后，在床上的各种活动都会面临重大挑战，尤其是躯体相对床面的位置调整，这是最考验患者的活动。患者在床面上可能需要前后左右移动，这对脊髓损伤，尤其是颈髓损伤患者而言无疑是非常困难的。物理治疗师的重要任务之一就是帮助他们实现转移这一目标。但实现这一艰巨的任务并非易事，不要说是上肢受累的颈髓损伤患者，即便是上肢未受累的胸腰髓损伤患者在开始阶段要想完成床上体位转移也并非易事。在康复训练初期阶段，可把这一动作过程按照顺序分解为几个部分，然后再逐项训练和克服。

患者可先练习在床面上坐位上肢撑起身体，如果开始阶段无法实现，也可在手下垫以适当高度的物体进行练习。垫以适当高度相当于增加上肢长度，可使臀部抬离床面更高，转移就会简单一些。如果还想把身体向前后左右移动，患者最好在光滑的床面或垫上训练，减小臀部和下肢与床面之间的摩擦力。在进行床

面上移动训练的早期，患者可能无法控制身体的重心，撑起身体后会出现晃动且难以控制，严重的会向后或向前跌坐下来，这主要是因为肩带肌力低下，远固定工作时不能有效控制躯干活动。另外，腘绳肌挛缩或张力较高的患者直腿坐于床面时难以屈曲身体，容易出现后倾，无法有效利用上肢功能撑起身体并使臀部抬离床面，这样患者就无法进行在床面上的位置转移。有效的解决方案是把患者双腿置于髋外旋屈膝位，这一体位可有效减轻因腘绳肌紧张而增大的臀部抬离床面的难度，转移也更加省力高效，这在床边坐位双脚着地姿势下的转移过程中体现得更加明显。患者坐在床边时，双脚置于地面上，无论双脚是否能够有效承担身体重量，只要患者前倾身体，双手用力撑住床面，臀部就可以较高地抬离床面。一般来说，在上肢力量有限的情况下适度增加身体前倾角度可更多地提高臀部抬离床面的高度。在这种体位下训练患者在成角 90° 放置的两张床之间的转移（图 8-9），或者在不等高床面之间的转移（图



图 8-9 患者在成角 90° 放置床面之间的转移



图 8-10 患者在不等高床面之间的转移



8-10),可迅速有效地提高患者的整体转移能力。

作为脊髓损伤患者最有代表性的功能活动内容,转移活动的训练策略或原则也同样适合于其他各种活动,如坐站转移、步行训练、穿脱衣物、如厕等。在这些任务训练过程中,物理治疗师都可以采取阶段性动作分解的策略,从关键步骤开始训练,再一步步融入相邻动作成分,或者不断增加动作难度,帮助患者早日实现独立完成各项功能活动的目标。前面详细介绍了床椅转移动作的分解方法,以下简单介绍坐站转移过程的逐级训练策略,用不断增加动作难度的方式提高患者独立自主能力。

在坐站训练的初期阶段,患者下肢力量、重心转移、平衡调整能力等都不充分,可先让患者从较高的坐姿下开始练习坐站转移。从高坐姿到站立位转移时身体重心变化较小,对下肢支撑力要求低,相对也较容易一些,患者心理上的恐惧感不大,安全感较好。在患者能掌握高坐姿下的坐站转移技巧后,再逐渐降低凳子高度,直到患者能从普通凳子上完成坐站转移过程。在平衡调整能力的训练中,先训练患者扶持双杠调整身体平衡,然后再训练使用腋拐、肘拐等调整身体平衡。而四肢瘫患者的手功能训练应先从拿取或捏持较大较轻的物体开始,逐渐过渡到拿取较小、较重的物体。

脊髓损伤的康复治疗 and 脑损伤、脑瘫等神经损伤一样,在不断进行有明确目的的功能性活动训练过程中,可逐渐进展到生活活动训练。但在每一康复训练阶段,物理治疗师都必须对预先设定的计划和目标活动进行动作分析。必要的时候还应进行动作模拟,分析出最为高效、省力且便捷的动作路径,抓住关键步骤,再不断进行扩展性训练,以便快速实现功能提高。

经验丰富的物理治疗师通过观察和必要的检查能清楚地预见或判断出患者当前的功能情况,也能针对患者存在的核心问题给出多种合

适的、趣味性较强的康复训练方案。在康复过程中,为患者设定明确的治疗目标是最重要的工作;其次还要就该目标的相关治疗方案与患者和家属进行沟通,以保证能得到患者最大程度的配合。在取得阶段性进展后,可以重新设立新的、更高水平的目标。新的康复目标仍然要继续进行训练,这更高级别的训练方法可能与前面相同,但在执行过程中可能需要变换执行的条件,如在复杂的环境下完成更多的动作,这要求患者加快动作速度,同时也要求患者维持较高的成功率。如训练步行功能的患者,前期已经达到一定的高度,但并不能满足回归家庭或社区这一功能需要,还要训练患者在复杂多变的人群环境里的步行能力;或者让患者手提购物袋或者一边聊天一边步行,以逐渐提高患者在真实环境中的独立生活能力。

## 第五节 特殊技能训练

特殊技能是在患者遭受到重大创伤后面对复杂的生存环境不得不采取的超出普通人群的技巧或能力。常见的特殊技能有轮椅操控技巧、极端条件下的空间转移(地面到床面或地面到轮椅座面之间的转移)等。一般情况下这些特殊技能必须经过反复练习才能掌握。

轮椅操作技巧是独立于前面所述的力量、速度和一般运动策略之外的,是以习得性运动技巧为主的操作技能。患者练习过程中不强调前面提及的体能素质,而更加注重包括运动中各种技术衔接、转换,以及平衡、动作灵活性等素质的提高。虽然使用轮椅对脊髓损伤患者来说是非常重要的辅助技术,但有关轮椅技巧训练的随机对照研究并不多。现有的研究还主要集中在轮椅训练的程序和系统地反复地训练对轮椅技巧获得的有效性方面。在轮椅技巧训练过程中,患者要不断思考学习过程中操控轮椅的体会。学习轮椅技巧和学习骑自行车类似,

学习骑自行车是不断调整左右重心的过程，而操控轮椅却是不断调整前后重心的过程。患者在学习轮椅操控过程中需不断体会在重心发生变化时双手用力方向、用力大小和用力时机，以及头或躯干的配合技巧等。

从地面往床或轮椅座面上转移是有必要掌握的技能，这对从轮椅或床面跌落到地面的患者非常重要。一般情况下经过一段时间训练，患者不仅在上肢和肩带力量方面获得进步，而且在转移所需的其他运动要素如动作爆发力、平衡技巧、转移动作节奏控制等方面获得进步。

另外，还有轮椅前轮离地平衡技术等，这些特殊技能通过训练不是很快就能掌握的，往往需要患者积极刻苦地训练才能达到预期目标。这些不为大多数患者常用的技能可能更需要个性化的康复治疗策略。个性化的训练方案不仅表现在训练内容上，还可能表现在训练时间、训练地点上。患者的康复治疗无需拘泥于治疗环境内，如患者在学会床到轮椅之间的转移活动后，就可以在照护人员照看下，每天在上床或下床时积极应用与实践，这样很快就可以熟练地掌握其中的技巧。在给患者进行室外实地环境训练过程中，可以在上下坡的时候训练患者使用后轮平衡式下斜坡和俯身推轮椅上坡等技巧。但这些活动要在整个康复团队成员之间密切沟通意见达成一致后才能安排和允许患者尝试，至少也要在物理治疗师和照护人员交代清楚并确保患者掌握必要的保护方法，同时还要确保患者有足够的安全活动能力后才能允许、支持和鼓励患者在日常生活活动中实践这些特殊技能。

训练方案的趣味性是提高患者参与积极性的要素之一。如果康复训练能以不同的方式灵活体现出来，或者能根据动作难度循序渐进地进行，就有更大概率获得更好的康复疗效。集体治疗是提高患者参与积极性，且疗效最为确

切的康复策略之一。对绝大多数患者来说，集体治疗能激发他们的竞争心态，这在一定程度上可以明显缓解他们的抗拒心理，甚至会让患者积极勇敢地去尝试和融入训练团队，尤其是参与某些带有明显挑战性的技能时，他们的积极性有明显的提高。并且，集体治疗也是有效节约物理治疗师工作时间的最佳方案。

## 第六节 运动训练的实施与强化

运动训练或运动再学习过程都要基于患者对动作或任务要求有明确的认知，这样患者才能主动地控制、训练和学习，而强化患者认知的方法可以通过患者各种可能的信息接收系统实现。对人体来说，最为直接的信息接收途径有听觉、视觉、深浅感觉等。在运动训练过程中，物理治疗师需灵活地应用不同语音指令、动作演示和动作模拟等方式正确引导患者感知自身肢体反馈信息等来确保学习的正确性，这些方式都需要各种躯体感知觉功能反馈这一共同途径来实现。因此，**反馈（Feedback）**作为重要的途径应该予以充分利用，再结合各种技巧教授和鼓励，便能更快地提高患者掌握运动技巧的速度。

### 一、反馈

在运动学习过程中，信息反馈是正确学习运动技能的重要环节。在遵循物理治疗师指令进行训练的过程中，患者还要依靠不同的感知觉器官获得相应的反馈信息来判断自身运动训练执行的正确与否。这些反馈信息包括运动任务执行的各个细节（结果的反馈），以及各阶段是如何执行的（表现的反馈）。例如在进行多次转移训练后，患者就可能会对整个训练过程的细节问题进行思考：上肢如何施力？双手置于何处？双肩如何运动？哪些肌肉更多用力？多处肌肉如何协调用力？如何调整躯干相对于肩关节的旋转？如何调整臀部的位置？

在成功实施转移动作后，患者自己的分析一般都比较合理，但转移动作不成功时，患者可能会有错误的主观动作想象。此时一定要多和患者交流，引导他们说出自己的想法，发现问题及时予以制止或纠正。另外，鼓励和教会患者借助自身各种感觉系统来判断自身躯体空间位置变化，这对他们正确准确地完成动作有很大的帮助。如患者在从床到轮椅的转移过程中，躯干前倾眼睛能够从双腿之间和身体两侧看到自己臀部相对轮椅座面的位置变化情况，这对患者来说是非常重要的信息反馈途径，患者因此会知道如何进一步施力而更加便捷地坐上轮椅。信息反馈过程是引导患者进一步正确用力并完成动作过程的基本保证，且对强化患者的运动感觉非常重要。

如果患者在理解语音指令上有困难，或者对语音反馈有理解困难时，要想提高训练效率，**动作演示 (Action Demonstration)** 可能不失为一种较好的训练策略。动作演示可让患者通过视觉感知非常清晰地认识到目标动作的特征，患者可以模仿训练。当然，除了由物理治疗师进行的动作演示外，还可以让患者反复观看视频资料。对理解力较弱的患者，物理治疗师可带着患者的肢体做数次动作，然后再引导患者自主练习。虽然动作演示给患者提供了直观的模仿基础，但可能会有患者仍然无法正确掌握具体的动作特征和动作技巧，有效的解决方案是进一步增加信息反馈途径。

录制 **训练视频 (Training Video)** 可以让患者看到自己在新动作和新技巧学习方面的尝试和努力，还可以让患者及时清楚地了解自己的训练效果，这是非常实用且有效的方法。另外，对一些动作还可以使用更加直接的方式给患者提供训练反馈，如 C<sub>6</sub> 损伤的四肢瘫患者在练习俯卧位单肘支撑和动态平衡时，可以让患者用另一只手触碰一旁固定高度的物体，通

过成功碰触或抓住物体的方式、成功率、抬离时间和高度等给患者提供训练反馈。而训练患者上肢支撑和床面上水平转移能力时，可以通过置于患者双手或臀部下面的体重秤、充气垫等提供反馈；还可以使用能发出声音的生物反馈仪器等方式；或者可以通过对面的镜子观察自己臀部抬离床面的高度或观察自己动作是否有错误等提供实时信息反馈。

## 二、指令

在教授运动功能损伤患者新的运动技能时，动作指令应该是最直接的引导他们进行运动训练的方法，但指令应根据患者的认知情况、学习能力进行调整。动作指令一般可使用语音指令、视觉指令和其他指令方式，这些都是最为基础的信息传递方式。

在进行动作指令时，最直接有效的方法是用语言指令引导患者进行康复训练。但并非所有患者都能正确理解用语言描述的抽象动作，因此，在教习过程中可能还需要其他方式的动作引导。动作引导是物理治疗师亲自进行动作演示或 **动作模拟 (Action Simulation)**，或者直接握持患者肢体进行实际动作的方式。但语音指令和动作演示或动作示意等都属于动作指令，而直接引导患者肢体动作属于动作引导。

动作指令一般应用于患者康复运动训练的全过程，尤其是在早期阶段，患者对全新的活动方式非常陌生，需要物理治疗师给予详细的指导或示范。在训练患者从床到轮椅之间的转移技巧之前，物理治疗师应先给患者解释该训练的目的、好处，以及转移动作的实施过程，并需详细告知患者和（或）照护人员注意事项，尤其是转移过程中的安全策略和风险防范技巧。

在接下来的实际训练中，特别是对一个初学者来说，明确、清晰的 **运动指令 (Motion Instruction)** 是引导他们正确完成运动过程的



重要因素。明确、清晰的运动指令能让患者在脑海里勾勒出整个动作过程，并能有效避免一些意外事件。随着患者转移能力的提高以及对运动感觉的体会，运动指令需越来越具体，需逐渐增加对手的姿势摆放、撑起时机等动作细节的指令。在运动训练初始阶段，物理治疗师应根据患者受教育程度以及对运动指令的理解程度等，灵活掌握运动指令的表达方式，目的是希望患者能更清晰地认识和理解物理治疗师的意图。在反复的训练中，患者会慢慢感受和体会到在该动作训练过程中身体各感觉系统反馈回来的信息，并逐渐熟练地控制转移过程中的各个动作环节。

### 三、演示

给患者提供任务动作演示能给他们最直观的认识，有了这些直观认识，患者就可以进行模仿，这样训练的效果是比较突出的。演示活动主要由物理治疗师完成，所以治疗师应掌握动作并规范地做出动作。在治疗过程中可以给患者录制视频，并把患者的动作和正确动作进行对照，为他们提供一种更加直观的反馈，引导患者从他人的角度对自身动作进行分析。若能用录制的视频前后对比患者在整个训练过程中的动作改善情况，则会增强他们进一步积极参与康复训练的信心。

患者逐渐具备了一定的鉴别能力后，再观看自己训练时的慢动作镜头，他们就可以进行更加细致的观察并得到启示。患者同样也可以通过观看他们在运动任务执行方面与正确动作之间的轻微差异来学习新动作。有了这样的技术手段，再借助物理治疗师正确的指导，可以更加快速地提高患者掌握不同运动策略的速度。因此，对物理治疗师来说，拍摄和留存不同运动项目正确的技术动作视频和[动作分析](#)（[Action Analysis](#)）视频能给自己的工作带来更多便利。

### 四、鼓励

对绝大多数的脊髓损伤患者来说，语音提示是最常规的信息反馈方式。旨在改善患者表现的言语反馈和旨在鼓励患者积极坚持训练的言语鼓励是有本质区别的，在帮助患者进行训练时还需针对性应用，这一点非常重要。对经受躯体损伤打击后的脊髓损伤患者来说，言语鼓励显然是非常重要的，并且患者也希望此时获得更多的精神支持，但言语鼓励和言语反馈不可混淆。如果患者表现不好，尤其是动作有明显错误时，我们就应该及时进行信息反馈，不可让他们错误的动作再进一步强化。虽然有些患者对治疗师给他们提出错误感觉失落或失望，但至少治疗师们应先行叫停这些不当的动作，而不是允许他们被单纯的鼓励性语言带错方向。患者也要快速学会忽略重复的、带有赞美之意的反馈行语言，应该明白这些赞美之辞对提高自身的表现除了有鼓励作用外并没有更多积极意义。另一方面，如果给患者制订的目标超出了他们当前能力所及的范围，也会严重破坏患者的积极性，尤其是在他们无法完成治疗师制订的目标且还受到批评时。因此，设立更加符合患者实际能力的目标很重要，这个目标的设定既要达到或轻微超出患者当前的实际能力，又要有一定的挑战性，因为适度的困难也可激发患者挑战的决心和勇气，对后面的康复训练有极大好处。

总之，有效、充分利用患者自身保留的各种感觉、知觉、认知等功能是帮助患者获得良好康复训练效果的基本保证。这一功能基础不仅可使得患者重新恢复躯体动作变得更加高效，而且对进一步优化动作、提高康复训练效率、加快康复进程也有明显的帮助。

（蔡可书）



# 第九章

## 肌力训练

截瘫或脊髓损伤这两个名词给人的第一印象就是瘫痪、卧床、轮椅、残疾、依赖等，而患病的人的人生结局预测，大多也是主动活动能力低下、长期卧床、生活极度依赖别人照料、没有工作和生活来源、贫穷等。康复医学专业人员的认识会更加清楚，患者会有下肢和躯干肌力不足或缺失、功能性活动能力障碍等。虽然很多人经过康复训练都能克服以上诸多困难，但从对以上两类人群最直接的认识，能深刻地反映出肌肉力量对脊髓损伤患者运动功能和独立生活能力的重要性。

对脊髓损伤患者而言，完全瘫痪和部分瘫痪的肌肉固然是限制和影响患者参与各种日常功能活动的因素，但在现实工作中我们会发现，患者既会受失神经支配肌肉的影响，也可能受到神经控制良好的健全肌肉的影响而无法有效地实现各种功能活动。患者受伤后会改变自己的各项功能活动的方式。完全性脊髓损伤患者因下肢瘫痪而无法像正常人一样从床边站起来再转移到轮椅上去，他们只能借助上肢支撑在床面和轮椅上完成转移活动，而这完全依赖上肢和肩胛带肌有良好的力量表现。虽然患者的上肢和肩胛带肌没有受到脊髓神经细胞损伤的影响，各肌肉也和受伤之前一样强壮有力，但他们要承担几乎整个自身体重并完成转移活动还是有很大困难的。

针对脊髓损伤制订康复治疗策略是非常重要的，而且策略需要根据不同脊髓损伤程度来

调整。对自主功能活动能力较好的不完全性脊髓损伤患者来说，针对受神经损伤影响的肌肉进行肌力训练是可行的，也是实际工作的重点。而对完全性脊髓损伤或是严重的不完全性脊髓损伤患者而言，针对完全失神经肌肉的训练几乎是没有什么意义的。一是完全失神经肌肉的肌力几乎无法通过锻炼获得有效的提高；二是即使经过训练或其他治疗，失神经肌肉也无法恢复神经控制。因此，物理治疗师往往不会把康复训练的重点放在对瘫痪肌肉的训练上，甚至对一些不完全损伤患者也可能会采取这种策略。

虽然对不完全损伤患者的康复重点可能会更多地放在功能较好的肌肉上，但在实际工作中，很多物理治疗师不会放弃对不完全损伤患者下肢肌肉的力量训练。一般情况下，肌张力影响越小，肌力训练的需求越高，但肌张力较高的肌肉进行力量训练的迫切性相比对肌张力控制的需求就显得稍微弱了点。对腰段以上完全性脊髓损伤和 AIS B 级的患者，物理治疗师最为关注的对象应该是上肢和肩胛带，以及损伤平面以上未受影响的其他健全肌肉。确切地说，重点工作主要针对腕伸肌、指屈肌、肱二头肌、肱三头肌、胸大肌、背阔肌、菱形肌、前锯肌等神经支配完整的肌肉。对大部分脊髓损伤患者而言，这些肌肉虽未受到神经损伤的影响，也不比体格健全者的肌肉或他们自己受伤前的力量弱，但它们在承担了原本应该由下肢担负的身体重量后就变成了“不正常”肌肉。

患者进行不等平面之间的转移,如从地面重新坐上轮椅(图9-1)时,大多患者根本无法完成这一任务。为了帮助患者实现这一目标,增强其独立生活能力、克服意外事件能力等,物理治疗师必须引导患者大幅度提高这些“不正常”的上肢肌肉力量,力量甚至要远超正常人的肌力水平。在外伤性脊柱脊髓损伤术后稍晚时间,经过较长时间卧床的患者,尤其是女性和肥胖患者要想实现独立生活是根本不现实的,甚至想进行简单的如从床上卧位向坐位的体位转换都可能非常困难。此时最合理的康复方案应该是强化上肢和肩带肌肉如肱三头肌、背阔肌、胸大肌、前锯肌等重点肌肉的训练,其次还需要训练患者在日常活动中的动作技巧。

脊髓损伤患者部分失神经控制肌肉的力量较弱,往往会明显影响患者的运动功能表现。例如,C<sub>6</sub>平面损伤的四肢瘫患者,支配胸肌的运动神经元部分受损,胸大肌部分瘫痪。胸大肌肌力不足会限制患者肩关节水平内收,影响患者床上自主翻身、坐位转移和进食等功能活动能力。而胫前肌部分瘫痪的患者在步态周期摆动相时踝关节无法保持或完成背伸动作,影响患侧下肢的廓清、步行稳定性和步行效率。对于这样的患者,我们可以通过强化肌力训练予以训练,逐渐改善部分失神经控制肌肉的力量。一般来说,对部分失神经控制的肌肉进行坚持不懈的力量训练会给患者的功能活动带来较为积极的影响。



图9-1 患者从地面重新坐上轮椅

脊髓损伤患者的运动功能表现不仅受到肌肉力量的影响,还在很大程度上取决于肌肉的爆发力。肌肉爆发力是指肌肉在单位时间内完成某一快速动作的次数。肌肉爆发力对完成快速动作非常重要,正常人垂直跳起是典型的下肢肌肉爆发力集中表现的例子。对于脊髓损伤患者而言,需要爆发力的动作虽然不多,但某些活动还是需极大地依赖爆发力才能完成。如床椅转移过程中,尤其是患者上肢力量不是很充分的情况下,患者往往会提高动作的速度,争取一蹴而就地完成转移活动。所以在稳定双手的支撑位置后,患者会快速上提和侧向移动躯体,以期望用较小的力量获得最大的转移效率,加快某些动作的速度在转移动作的后半程可以很好地借助惯性实现预期动作。患者需要良好的上肢爆发力的例子还有很多,如驱动轮椅上斜坡,还有穿着KAFO上下台阶等活动。

运动功能还受到肌肉耐力的影响。耐力是人体长时间进行持续工作的能力。耐力包括两个方面,即肌肉耐力和心血管耐力。肌肉耐力是指肌肉持续反复完成某项活动的持久力;而心血管耐力是机体维持自身整体的中等强度、长时间运动的能力。脊髓损伤患者在穿戴支具的情况下步行所消耗的能量是非常大的,即使该患者的上肢和躯干,甚至下肢有足够的肌肉力量可以保证患者的步行功能,但要实现长距离步行,没有足够的肌肉耐力以及心血管耐力是远远不够的。发展耐力素质的基本途径有两个,一个是增强肌肉力量、提高肌肉耐力,另一个是提高心肺功能。

对脊髓损伤患者,尤其是颈髓损伤四肢瘫患者而言,关键肌肉(The Key Muscles)的力量、爆发力和耐力的微小改变都可能会对他们的运动能力有较大的影响。对于C<sub>5</sub>损伤患者,他们肩关节前屈和肘屈曲肌力若能从2级提高

到3级或更高,就可能实现独立进食功能,部分患者甚至可以推行轮椅。对于C<sub>6</sub>损伤患者,他们的伸腕肌力的微弱提高都可能会使他们的手实现抓握功能这一实用功能。同样,下肢肌力变化也有类似的特点,例如股四头肌肌力若能达到3级,患者步行时就能够把膝关节锁定在伸直位,这样就能起到很好的支撑作用,就可能实现社区步行。另外,下肢某些肌肉力量的恢复可提高患者转移的能力,使转移更加方便和轻松。虽然说我们对失神经肌肉的针对性训练有更加偏爱的倾向,但临床工作中对上肢肌肉的训练会更多一些,尤其是对上肢和肩带肌肉,提高这些肌肉的力量对各种功能活动都可能起到促进作用。

针对脊髓损伤患者的康复,物理治疗应具有明确的目的性,治疗过程中要仔细分析辨别某项任务无法完成的关键步骤在哪里,是因为肌力弱,还是肌肉爆发力不足,抑或是因为耐力较差?运动训练的工作重点都是要通过详细的检查来发现,通过详细的运动分析来确定。要提高脊髓损伤患者的功能水平,我们必须首先明确要重点锻炼的目标肌肉,并明确是重点锻炼该肌肉的力量、爆发力,还是耐力?抑或训练全身耐力,即心肺能力?

## 第一节 肌力评估

肌肉力量作为人体运动能力的最重要组成部分,其大小和变化对于人体运动功能有着极为重要的作用;而对人体肌肉力量的大小、变化速度和幅度的检测与评价工作则是详细了解患者肌肉力量现状、评价力量训练效果和充分发挥肌肉力量作用的关键环节。

由于针对肌肉力量的训练要根据不同的力量水平采取不同的策略和方法,所以对肌肉力量的评估是一项必要的工作。肌力评估的方法

有多种。徒手肌力评估法操作方便、简单明了,对**肌力训练 (Muscle Power Training)**方法选择也有明确的指导性,除了准确性稍差些,非常适合临床应用。肌力测试仪器较为精确,可明确量化具体力量情况,但耗时较长,检查也较为繁琐,且需专人操作器械。常见的肌力测试仪器主要有等速肌力测试仪、握力计、捏力计、背力计等。各种肌力评估方法都能反映出所测肌肉的最大力量,且都有较好的信度、效度和敏感性。临床采用何种评估方法不单单要从了解肌肉力量方面出发,还要考虑是否需要明确相关肌肉耐力、心肺功能,以及整体运动功能水平等方面,综合考虑,选择适当的评估方法。下面简要介绍几种常用的肌力评估方法。

### 一、徒手肌力评定

**徒手肌力评定 (Manual Muscle Power Test, MMT)**法是物理治疗师用来评估脊髓损伤患者最为常用的肌力评估方法。徒手肌力评定法有多种,一种是针对单一肌肉(如肱桡肌、肱肌)进行评定,而另一种则是针对一组肌群(如屈肘肌群)进行评估。国内常用的徒手肌力评估方法为6分制评估法。由于脊髓损伤患者肌力的表现比较敏感,在肌力差异较小的情况下所体现的功能就有明显的差别,所以还会采用过渡性的指标(如“+”“-”)来表示肌力等级。也有物理治疗师用不同层级的词语替代数字等级指标,如Lovett肌力评估法把肌力分为“零”(Zero)、“微弱”(Trace)、“差”(Poor)、“好”(Fair)、“良”(Good)、“正常”(Normal)等(表9-1)。结合几种方法且细化肌力评估指标的11分制评估法也偶有使用。在临床肌力评估过程中,最为困惑的是对4/5级和5/5级肌力的评估,有的要求患者进行关节活动全范围抗阻收缩,而有的却要求患者进行等长抗阻收缩。严格遵守肌力检查原则的经



徒手肌力评估对测试体位和关节活动范围做了规定。美国脊柱损伤协会（ASIA）推荐的脊髓损伤患者肌力评估方法主要参照 Lovett 提出的徒手肌力评定（MMT）法。但出于对早期外伤性脊髓损伤患者脊柱系统保护的考虑，要求所有评估体位都采用仰卧位。对脊髓损伤患者的评估主要涉及 10 对关键肌，分别代表 C<sub>5</sub>~T<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub>~S<sub>1</sub> 脊髓平面所支配的肌肉，但有些非关键肌，如膈肌、腹直肌、三角肌、臀大肌等，

也会根据情况进行检查。

徒手肌力测试是以检查者主观感受为检查尺度的一种肌力评估方法，评估结果带有明显的主观性。对 4/5 级肌力的检查与 3/5 级肌力的检查相比尺度更大一些，这揭示了徒手肌力检查一直被广为诟病的一个弊端，那就是敏感性差。这在比较 4/5 级肌力和 5/5 级肌力的时候尤为明显。4/5 级和 5/5 级肌力评估时相比 0/5 级到 3/5 级肌力评估有更宽的且难以界定的范围，

表 9-1 Lovett 徒手肌力评定法

程度	字母等级	6 分评分法	11 分评分法	动作具体描述
正常	N	5	10	抗肢体重力体位下，可抵抗很强手动阻力完成全关节活动范围运动。评定结果：肌力为正常肌力的 100%
良 <sup>+</sup>	G <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	9	抗肢体重力体位下，可抵抗足够强手动阻力完成全关节活动范围运动
良	G	4	8	抗肢体重力体位下，可抵抗中等强度手动阻力完成全关节活动范围运动。评定结果：良好，肌力为正常肌力的 75%
良 <sup>-</sup>	G <sup>-</sup>	4 <sup>-</sup>	7	抗肢体重力体位下，可抵抗稍弱手动阻力完成全关节活动范围运动
好 <sup>+</sup>	F <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	6	抗肢体重力体位下，可抵抗较轻手动阻力完成全关节活动范围运动
好	F	3	5	抗肢体重力体位下，可完成全关节活动范围运动，但不能增加阻力。评定结果：可，肌力为正常肌力的 50%
好 <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	3 <sup>-</sup>	4	抗肢体重力体位下，无任何阻力的情况下可完成不少于 50% 关节活动范围的运动
差 <sup>+</sup>	P <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	3	去肢体重力体位下，可抵抗轻微的阻力完成关节全范围运动
差	P	2	2	去肢体重力体位下，可完成关节全范围运动，但不能抵抗阻力。评定结果：差，肌力为正常肌力的 25%
差 <sup>-</sup>	P <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	1	去肢体重力体位下且无阻力的情况下，可完成不少于 50% 关节活动范围的运动
微弱 <sup>+</sup>	T <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup>		最小重力影响，无阻力施加的情况下，可观察到微弱的关节运动，但少于 50% 关节活动范围
微弱	T	1	T	不引起关节运动，但可触及肌肉收缩运动。评定结果：微弱收缩，肌力为正常肌力的 10%
无	0	0	0	无肉眼或触觉觉察到的肌肉收缩运动。评定结果：完全瘫痪，肌力为正常肌力的 0%



两个同样被评为肌力 4/5 级的患者临床所表现出来的能力可能完全不一样。另外，检查者和被检查者的体格对评估也有明显的影响。一个身材单薄、力量较弱的女性为一个强壮的男性进行徒手肌力评估时，就很难区分较强的 4/5 级肌力和 5/5 级肌力之间的差别。因此，徒手肌力评估法在评估肌力较强的患者时有很大的局限性。另外，徒手肌力评估也很少用于评估有明显痉挛，尤其是主动运动会诱发痉挛的患者，因为在检查时通常难以区分患者的动作是肌力引起的主动动作，还是肌张力引起的动作。

尽管徒手肌力评估法存在着诸多先天的缺陷和不足，但它依然还是被广泛应用于神经损伤患者的伤后和恢复期评估。该检查方法简单方便，对神经功能状况的反映非常直接，可及时准确地反映患者神经损伤和神经系统功能恢复的情况。外科减压手术过程中就可根据该法实时监测手术效果。徒手肌力评估法非常实用，不仅表现在评估过程简单有效方面，还表现在其检查方法和结果都很容易理解，尤其是患者本人，这对他们出院后的自我康复评估有重要意义。

徒手肌力评估的频率通常取决于医疗需求。有些患者神经功能和肌力变化迅速，肌力评估可能需要每日一次，甚至一日多次，尤其是急性神经损伤期。在患者病情逐渐平稳后，肌力评估的频率就可逐渐降低了，开始时每周评估一次，恢复后期患者可 3~4 周评估一次。患者出院后肌力评估次数就更少了，一般 3~4 个月一次就可以了。患者出院后的肌力评估不仅是出于对神经功能状态持续了解的需要，而且也是及时判断是否有其他并发症发生的要求。脊髓空洞症是颈髓损伤患者常见的严重并发症之一，一般于颈髓损伤后多年才会出现。脊髓空洞多发生在损伤平面之上相邻的脊髓层面，会导致相邻神经节段支配的肌肉力量迅速消失或减退。

## 二、器械肌力检查

一般情况下，当肌力超过 3 级时，为了提高肌力评估的准确性，需要借助特殊的肌力测试仪器。器械检查为定量检查，可精确测量出患者肌力情况。目前临床常用的力量测试仪器有握力计、捏力计、拉力计和等速测力仪等，这些都是有效的定量肌力测试仪器。测力计有机械型和电子型两种，两种测力计都是测量力的大小，而不是测量力矩。使用测力计可准确评估肌肉力量，但由于测试时的力臂不同，其力量表现可能会有差异，所以测试结果还会受到检查者把测力计置于患者肢体上的位置的影响。握力计和捏力计一般适用于测量手部屈指肌群，拉力计主要适用于检查肱二头肌、肱三头肌、腰背部等肌肉。以上所说的几种测力计主要用于小肌群和部分躯干肌群的肌力测试；对四肢大肌群如股四头肌因力量太大可能会超出测力计测量范围，或者测力计固定不便，或者可能引起受压部位疼痛等原因而无法检查。这个问题可以借助等速肌力测试仪解决，但等速肌力测试仪主要用于测试肌肉的等长运动或等速运动状态下的力量。

肌肉的收缩方式不同，器械肌力测试方法也有所不同，包括等长肌力检查、等张肌力检查和等速肌力检查三种。

**1. 等长肌力检查** 在标准姿位下用测力器测定一块或一组肌肉的等长收缩肌力。常用检查方法如下：

（1）握力：用握力计测定。测试时上肢在体侧自然下垂，握力计表面向外。将测力计握把调节到适宜的宽度，便于患者力量充分发挥。测试 2~3 次，取最大值。

（2）捏力：用适合手指肌力发挥的捏力计测试。测试时，拇指和其他手指的指腹用力捏住捏力计力臂可测得捏力值。一般拇指和食指的捏力值约为握力的 30%。

(3) 背肌肌力：可用拉力计测定。测时两膝伸直，将测力计把手调节到膝盖高度。测试时，双手握持把手，然后用力伸直躯干向上拉即测出背肌力量。以拉力指数评定：

拉力指数 = 拉力 (kg) / 体重 (kg) × 100  
正常值为：男 150~200，女 100~150

测试时，由于伸直躯干动作的完成需要下肢同时用力，所以此法不适用于下肢明显受影响的脊髓损伤患者，但坐位平衡良好的患者可以使用。

**2. 等张肌力检查** 使用器械进行等张肌力检查和徒手测试 **1 次最大重复负荷 (1 Maximum Repetitive Load, 1RM 值)** 的方法基本相同。如测试股四头肌肌力时，患者可坐于股四头肌练习器上，调整阻力负荷以测试患者该肌肉的 RM 值。如果所调整负荷为患者能完成 10 次连续运动时，该负荷即为 10RM。此种等张肌力检查方法所采用的运动负荷也可用哑铃、砂袋、砝码等可定量负荷测试，虽然获得的值准确性较差，但应用方便。临床使用等张肌力检查法时受阻力臂变化的影响较大，阻力臂增大时所测试出的力量值相比阻力臂缩短时要小，所以最好的方法应该是等张力矩测定，即测试后计算出阻力臂和阻力值的乘积，即 **力矩 (Moment of Force)**。但由于 RM 值测定并非十分准确，所以检查往往有一定的误差。

**3. 等速肌力检查** 等速肌力检查需使用专门的仪器，如 Cybex 或 Bibex 等速肌力测试和训练系统。等速肌力测试和训练系统适用于人体大关节。测试时肢体推动仪器阻力臂以预先设定的角速度做大幅度运动。运动时，肢体运动的角速度不变，变化的是工作的肌肉张力和输出力矩。该系统同步准确记录多组数据，包括肌肉工作的肌力变化曲线、力矩变化曲线、关节运动角度和角速度等。等速肌力测试和训练系统能同步采集多组精确的运动力学数据，获得的肌力值也非常准确，但检查和训练费用都比较高昂。

### 三、RM 值

最大等张肌力常用的计量形式为 1RM。1RM 是指患者只能完成一次关节全范围活动所能抵抗的最大重量负荷，这种方法适用于 4/5 级和 5/5 级肌力的评估。测试患者某一肌群 1RM 时，可能需经过多次尝试才可能得到准确结果。检查时需先让患者尝试抵抗一个重量完成全范围的关节活动，如果患者能完成该动作两次或两次以上，则说明这个重量小于 1RM；如果患者一次都完成不了，则说明这个重量大于 1RM，直到调整到某个重量患者只能完成一次时才能确定这个重量值就是 1RM。

RM 值测定时需不断调节重量负荷，患者在每次尝试后都必须得到充分的休息，以 2~3min 为宜，以免肌肉疲劳而影响测试结果。一般情况下，根据所测肌群的不同，每次增加的重量幅度不超过 1.2kg 或 1.5kg，这样能保证检测的精确性。要获取一个肌群的 RM 值可能需要花费很长的时间，而长时间的尝试往往会导致患者肌肉疲劳，这种情况下测定的 RM 值是有偏差的。RM 值测试要有相当的技巧，判断力较好、经验丰富的治疗师可以很快地测试出患者某个肌群的 1RM 值，而经验不足的治疗师则很难得到准确的测试结果。

正常人肌耐力检测一般以 70% 的 1RM 为负荷重量，让患者重复完成规定动作，记录动作完成的次数，用以表示肌肉耐力水平。脊髓损伤患者因长期卧床，肌力和肌耐力较受伤前有明显的下降，选用的阻力负荷可以相对低一些。

### 四、其他测试方法

颈髓损伤患者，尤其是 C<sub>7</sub> 及以上平面损伤的患者，手的握持能力不足，无法自己拿起沙袋、哑铃等训练器具，在进行力量测试时可以把沙袋绑缚在患者手腕处（图 9-2）。测试下肢肌力时可以把沙袋绑缚在脚踝处。需要注

意的是，绑在肢体上的沙袋不允许滑动，且每次测试时沙袋的固定位置也要一样。抓握能力足够的患者可手持哑铃进行测试；组合拉力器械（滑轮系统）也可以用来测试肌肉力量；轮椅上坐位俯身双手撑在桌子上然后用力用上肢撑直坐起（图 9-3）和俯卧撑（图 9-4）可以用来测试胸大肌和肱三头肌等的联合肌力。实际工作中，用不同的方法测试所获得的数值可能有差异，所以，在重复测定该肌肉力量时建议采用同一测试方法以方便比较测试结果。还需要注意的是，在不同测试方法中受试者所施

加于负荷的力矩可能会不同，并且力矩在关节活动过程中也可能是变化的，所以在测试时应尽量保证绑缚在肢体上的沙袋没有滑动、动作没有代偿或变形等。

3/5 级及以下肌力测试也可以灵活使用以上方法，但需在不抗肢体重力的体位下进行。可让患者在水平方向移动放置在光滑桌面上或悬挂在空中的重物，甚至只做肢体的水平活动而不使用任何阻力。如测试肌力 2/5 级和 1/5 级的肌群时仅需把肢体悬吊起来或放置在光滑的平面上消除重力影响即可。

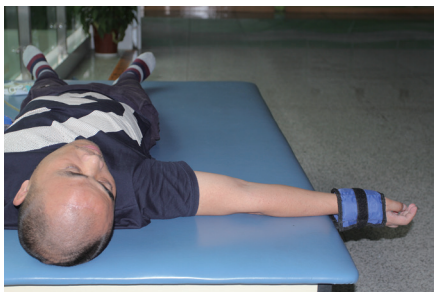


图 9-2 沙袋绑缚在患者手腕或脚腕上测试上下肢肌力



图 9-3 高位颈髓损伤患者可用手推桌子坐直身体的方式测试肩关节内收肌和伸肘肌力量



图 9-4 俯卧撑测试肩内收肌和伸肘肌联合肌力

## 五、肌力检查的注意事项

为了使检查结果准确、稳定、具有较好的可重复性与可比性，临床操作过程中应严格规范测试过程，主要需注意以下几个方面：

1. 测试体位要正确，测试动作应标准化，近端肢体应固定于适当体位，避免代偿动作出现。
2. 用徒手肌力测试法检查患者肌力时，应尽量由同一检查者检查，避免因主观因素导致的测试结果差异。
3. 测试前做好解释工作，使受试者积极配合。测试前，患者可做简单的准备活动，使精神处于适当的兴奋状态。
4. 避免在锻炼后、疲劳时、饱餐后或空腹状态下进行肌力测试。

5. 记录时可采用绝对肌力或相对肌力，后者即单位体重肌力。进行横向比较时宜用相对肌力。

6. 注意禁忌证。肌力测试特别是等长肌力测试时，若患者有持续屏气用力的动作则可能会引起屏气反应，也称为瓦氏反应（Valsalva Effect）；有高血压或心脏病的患者慎用。另外，诸如骨折未愈合、关节肿胀、脱位、骨肿瘤等都是肌力检查的禁忌证，应谨慎对待。

## 第二节 肌力训练

脊髓损伤患者往往会有很多肌群因受到神经损伤的影响而失去应有的功能，这会导致患者各种功能活动能力严重下降。因此对这些肌群进行锻炼，提高其肌肉力量，是改善相关功



能活动的基础。但临床实践的结果并非如此，因脊髓损伤所致的失神经肌肉经过训练后肌力改善的程度差异很大。损伤程度较轻的肌肉可以获得较好的肌力改善；而损伤程度较重的肌肉却无法恢复到可以改善肢体功能的水平，甚至有些肌肉肌力根本无法获得提高。物理治疗师通过前期评估工作基本上就能判断肌肉功能恢复的预期。如果某些肌肉有一定程度的恢复预期，并且会对自身功能活动产生积极的影响，则应该予以积极训练。如果该肌肉恢复预期较差，则应该把工作的重点放在预期较好的肌肉训练工作上。

虽然对失神经控制的肌肉进行力量训练是脊髓损伤康复工作的重点之一，但很多时候仅训练这些肌肉并不能提高患者的各种功能状态，尤其是完全性脊髓损伤患者。因此，患者各种功能活动都要依赖未受神经损伤影响的肢体，大部分患者都是依靠自身健全的上肢来实现各种功能活动，此时其上肢力量就会因需要承担整个身体重量而变得相对不足了。由于健全肌肉的力量改善和功能提高的潜力巨大，所以对这些肌肉进行力量训练会显著改善其功能状态，患者完全可以实现依靠上肢完成包括床椅转移、穿脱衣物、驱动轮椅等各种功能活动。即使上肢部分肌肉受到脊髓神经损伤的影响，经过正确的康复治疗，患者也能实现日常生活能力的充分提高。

### 一、正常肌肉训练

很多患者残留的健全肌肉多分布在上肢，这些肌肉体积较小，力量较弱，若要承担原本由力量强大的下肢肌肉承担的工作，显然会大大超出它们的负荷能力。因此，患者无法完成很多日常生活活动，其中最为普遍的是转移和步行活动。在下肢肌力缺失时，患者在不同平面之间或不同坐站姿势之间的转移活动主要依

赖上肢进行。患者上肢比普通人要有更高的力量才能实现安全转移。脊髓损伤患者，尤其是外伤导致的脊髓损伤患者，一般都会经过较长时间的卧床过程，即使他们的上肢没有受到神经损伤的影响，也会有因废用导致的肌力减退。基于前面所述的健全肌肉可能是患者首先依赖的动力来源，所以康复治疗首要的任务是帮助患者不断提高健全肌肉的力量。有研究表明，常规肌力训练可使肌肉以每周 2% 的增长速度提高力量，尤其是短期内因制动废用导致力量减弱的肌肉，在训练的早期阶段肌力提高的速度更加显著。并且肌肉力量的提高会持续相当长的时间，但后期肌力增长的速度会变得非常缓慢而逐渐进入平台期。

肌力训练可导致肌纤维不同程度的组织形态学变化。经过锻炼的肌肉的肌纤维横截面积增大，肌肉收缩蛋白的含量增高，肌肉内部毛细血管分布密度增大，有关代谢酶的活性增高等。另外，不同类型肌纤维之间的比例也和肌力密切相关，肌力训练可以改变肌肉蛋白质的含量，增加毛细血管密度，促进肌纤维顺应性改变。一般情况下，在肌力训练开始的阶段，神经冲动的发放和神经肌肉的募集，以及运动单位的同步性提高是肌力改善的主要原因；但后期肌力的提高不仅有组织形态学的变化，神经适应性变化也发挥着重要的作用。

**1. 抗阻训练** 抗阻训练（Resistance Training）是提高肌力最有效、最基本的训练方法。抗阻训练方法有很多，其中比较常用的方法有**渐进抗阻训练（Progressive Resistance Training）**法、**渐退抗阻训练（Fading Resistance Training）**法等。

（1）渐进抗阻训练法：其核心要素是负荷、重复和渐进。渐进抗阻训练中最理想的阻力负荷相当于 8~12RM（repetition maximum，RM，最大重复次数），即患者一次最多只能



举起 8~12 次的重量负荷, 该重量相当于 1RM 的 60%~80%。训练时, 给患者施加此负荷, 嘱患者每组动作重复 8~12 次, 休息 1~3min, 然后重复进行第 2 组和第 3 组, 最多可进行 5~8 组。这种肌力训练每周须至少进行 3 次。随着患者肌力的增高, 运动训练的负荷也应该及时调整, 这就是阻力的渐进。

渐进抗阻训练的方法有多种。上述方法是在患者肌力有所改善后再增加负荷予以训练的。还有一种方法是在每次训练课开始时使用较小负荷, 然后在训练过程中不断提高单次训练负荷。如第 1 组负荷为 20RM, 第 2~3 组为 10RM, 第 4~5 组为 6RM, 最后一组可调整为 1RM。每组之间的负荷强度进阶可根据具体情况而定, 无需拘泥。这两种方法侧重于提高患者肌力。侧重于提高患者肌肉耐力的方法可大幅降低抗阻负荷, 一般可用 15~20RM, 或更小负荷进行, 但每组抗阻收缩训练的动作次数要大大提高, 可达 20 次, 中间休息时间也可以适当调整, 而训练过程中的抗阻负荷一般不做较大幅度的调整。

渐进抗阻训练的阻力施加方法有多种, 但需根据患者的具体情况区别对待。常见的方法有提升重物、使用抵抗弹力训练设备、使用等速肌力训练设备等, 但这些方法一般用来训练正常肌肉, 对受损神经支配肌肉的训练方法还有不同的方式, 详见下文。上述肌力训练的渐进原则适用于所有肌力的训练。

近年来就渐进抗阻训练的最佳方案中的敏感问题产生了一些较大的争议。大部分人认为单次训练课进行多组抗阻训练是提高肌力的优选方法, 但有研究人员提供了充分的证据说明即使每次仅进行一组力量训练, 也能获得同样的训练效果。还有一些研究发现组与组之间休息的时间长 (3min) 要比休息的时间短 (40s) 获得的训练效果好, 离心收缩要比向心收缩训

练效果好, 每组训练采用不同的重量负荷要比采用恒定的负荷效果更好。另外, 患者进行训练时, 完成动作的速度也是一项非常重要的因素。这些争议还需进一步探讨, 但一致的意见是规律的、大强度渐进抗阻训练是获得肌力改善的重要方法之一。

(2) 渐退抗阻训练法: 除了渐进抗阻训练法外, 渐退抗阻训练法也是较为常用的肌力训练技术, 其阻力负荷施加的顺序相反, 其他各因素基本相似, 可以借鉴使用。

**2. 特殊的肌力训练** 肌力训练的方式不同, 渐进抗阻训练效果也会不同。如果训练动作能够完全模拟人体关节运动时所产生的扭力方式, 则效果最好。另外还有包括协同肌、固定肌、拮抗肌的共同收缩, 关节位置, 以及肌肉收缩类型 (离心收缩、向心收缩或等速训练) 和收缩速率等方面的考量。因此, 要想改善某一运动功能, 最好的针对性肌力训练方式就是不断地在这一动作中训练。例如我们想通过提高患者的上肢力量来改善他们转移时的方便和安全程度, 就可以让患者采用坐在轮椅前面的矮凳上, 双手握住轮椅座架撑起并向后移动臀部坐上轮椅的方式来提高上肢力量 (图 9-5), 也可以让患者在左右两个不同高度的床面上交替转移。为了能让患者实现从地面向轮椅转移的目标, 我们可以逐渐降低矮凳的高度或者增大两个凳子之间的高度差来不断提高患者转移的难度 (图 9-6), 促进他们上肢力量的改善, 直到患者自己能从地面坐上床面或轮椅 (图 9-7)。在这一过程中, 患者的上肢肌力会不断提高, 各关节协调配合能力也会逐渐加强。

颈髓损伤患者的上肢肌肉可能受到累及, 力量较弱, 他们可以训练垫上长腿坐位下用上肢撑起自身体重的方式促进上肢力量和躯体控制能力的提升。在患者肌力达到足够的程度后, 可把原来分阶段的动作融合起来, 用完整的动

作，也就是让患者在轮椅和地面之间来回转移的动作来提高上肢肌力和转移能力。这种方式可以确保训练具有明确的针对性，使应该发挥作用的肌肉肌力得到应有的提高。不仅如此，在这种实际动作中，也能促进相关肌肉爆发力

和关节活动范围的改善。而在单纯的负荷抗阻训练中提高目标肌肉力量的同时，往往会忽略掉肌肉对身体和动作稳定的作用。当然，直接在任务动作中的训练对改善患者实际操作方法的技巧获得也是非常重要的。



图 9-5 坐在轮椅前的矮凳上，再用上肢支撑坐上轮椅，逐渐降低矮凳高度以提升上肢力量



图 9-6 利用不同高度凳子之间的转移训练来提高肌力，可以逐渐增大凳子高度差



图 9-7 提高上肢力量到可以实现独立从地面坐上床面

在实际动作中肌肉克服身体负荷（也可增加额外负荷）收缩能达到理想的训练效果。如从矮凳向轮椅转移的过程中，我们可以调节矮凳的高度，力求使患者一组训练只能成功完成 8~12 次的转移。但实际工作中这一原则非常难把握，患者往往还需要花费一定的精力和体力来维持自身体位和姿势，从而影响他们完成转移任务的控制能力。诸如此类的影响因素还有很多，都会降低预期效果。但对于颈髓损伤患者而言，用实际功能活动进行训练有困难或者运动强度不好控制，还是应该采用标准方法。

**3. 肌肉爆发力与耐力训练** 渐进抗阻法不仅可以训练患者的肌力，同样也可以训练爆发力和耐力。肌肉力量、爆发力和耐力三者之间是紧密联系的，要想提高肌肉爆发力，所采用的训练需重点强调动作的速度，也就是动作的“爆发性”，而对阻力负荷的要求并不严格。

在开始训练时，为了达到提高动作速度的目的，我们会先降低运动负荷（30%~60% 1RM）。如果患者的生活环境中斜坡，我们的训练内容就要包括患者驱动轮椅上斜坡的内容，而驱动轮椅上斜坡就需要上肢有良好的爆

发力和耐力。要提高患者上肢爆发力，可以让患者以尽可能快的速度驱动轮椅驶上斜坡，甚至还可以在轮椅上增加额外负荷。另外，要想提高患者穿着膝踝足矫形器（KAFO）上下楼梯的能力，可在双杠内训练患者反复快速撑起的动作（图 9-8），以提高上肢和肩带肌力，并且可在患者踝关节处绑上沙袋等以增加阻力负荷。上肢测力计也可以作为训练上肢爆发力的方式，30s 快速循环击打拳击沙袋也是很好的提高上肢爆发力的方法。在训练提高肌肉爆发力的同时，肌力和肌耐力也会有小幅提高。



图 9-8 撑双杠训练上肢和肩带肌力

渐进抗阻训练还可以提高目标肌肉的耐力。在提高肌耐力的训练中，应该和训练肌力一样，给予目标肌肉合适的阻力负荷。但要获得较为理想的耐力训练效果，需适当减小阻力负荷，同时需增加重复次数或延长训练时间。一般情况下，提高耐力的训练可每组重复 20 次或者更多次数，而阻力应设为低、中强度负荷，组与组之间休息 1min。动作完成的速度可快可慢，但应尽量模拟实际生活中的动作速度。训练动作与日常生活越相似，训练的效果就越好，对提高实际生活能力也就越有促进作用。

通常情况下，肌力、肌耐力和爆发力训练是非常枯燥乏味的，患者一般很难在没有监督的情况下完成充分的训练。物理治疗师要想

出不同的方法来鼓励患者完成训练任务，最大程度地提高训练效果。用丰富的训练内容，如使用娱乐性和社会性较强的轮椅舞蹈或轮椅体操，患者训练的动力和参与训练的积极性都会提高。另外，集体训练或者以小组竞赛的方式制订训练方案也是非常好的引导策略，或者巧妙地为患者设立一些目标，将训练的过程监控并记录下来，患者训练的动力也会大大提高。总之，用患者乐于接受的、容易掌握的方式进行训练能够取得较好的依从性和理想的康复效果。

## 二、瘫痪肌肉的肌力训练

目前能够查阅到的有关肌力训练的文献基本都是针对普通人群或运动员的，很少有针对神经损伤患者的临床研究。而我们对因脊髓损伤所致的肌力减弱或消失的肌肉训练方法的临床研究就更为有限，所以认识还比较浅显，有关肌力训练方法的有效性尚无定论。

目前临床上对失神经控制的肌肉进行力量训练时，一般还是参考正常健康肌肉的训练方法。若肌肉的肌力为 2/5 级，一般采用减重方式进行训练，就是让患者的肢体在水平面上进行无负荷运动。如髋关节内收和外展肌力 2/5 级，可以让患者在仰卧位下用绳子把下肢悬吊起来做髋关节减重肌力训练（图 9-9）。股四头肌力弱的患者可以把下肢放在光滑的板上进行减重肌力训练（图 9-10）。治疗时可采取一些小技巧来调节阻力负荷，如利用桌面摩擦力提供阻力，或者通过调节滑板倾斜角度，或者调节悬吊绳的悬吊位置来增加或减小阻力。例如某肌肉力量在 2/5~3/5，患者若只做减重水平运动训练，则负荷偏小，训练效果就不理想；但若进行抗重力训练，则负荷可能会偏大，此时可以把悬吊绳的悬吊位置向关节运动的相反方向适当移动一些；若用平面减重，则可以通过增加平面摩擦力来增加负荷；若使用



滑板减重，则可以调节滑板的倾斜角度即使关节有适当向上方运动的趋势来增加负荷。当然，若采用相反的做法则可适当减小阻力负



图 9-9 悬吊减重训练方法

部分瘫痪的肌肉也可以在功能性活动中进行训练。如股四头肌肌力 2/5 级或 3/5 级时，患者主动伸膝能力不足，无法实现有效的下肢支撑功能进而无法实现步行功能或步行中有跌倒风险。此时除了上述肌力训练方法外，还可以让患者在直立床站立时进行蹲下和站起这种和实际应用状态接近的动作来训练股四头肌（图 9-11）。训练过程中应根据患者股四头肌力量的强弱调节直立床站立的角度，进而改变阻力负荷。在这种形式的训练中，作为主缩肌的股四头肌肌力能够得到有效提高，同时下



图 9-11 直立床上改良股四头肌训练法

肢其他的固定肌、协同肌等也会得到有效的锻炼。另外，也可以在借助膝关节矫形器保证关节稳定的前提下，让患者进行步行训练，这在很多慢性期的患者身上取得了明显的效果。

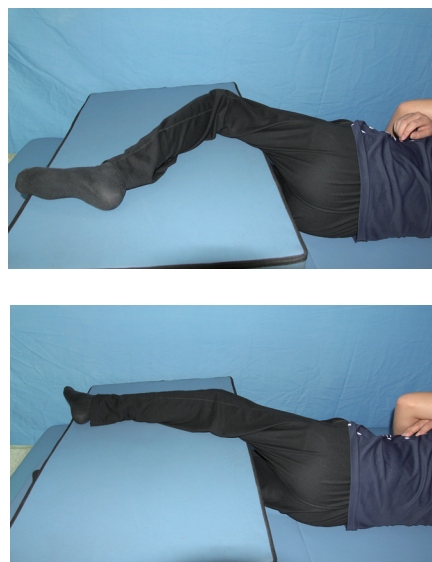


图 9-10 平面减重训练方法

肢其他的固定肌、协同肌等也会得到有效的锻炼。另外，也可以在借助膝关节矫形器保证关节稳定的前提下，让患者进行步行训练，这在很多慢性期的患者身上取得了明显的效果。

**1. 肌力 0~2 级肌肉的力量训练方法** 肌力小于 2/5 级的肌肉进行肌力训练是非常困难的，尤其在脊髓损伤慢性期。由于各方面的基础都非常欠缺，效果缓慢且非常不理想，所以在脊髓损伤急性期或亚急性期就应该予以充分的锻炼。肌力极其低下的肌肉，锻炼的方法比较有限，只能选择最基本的、容易掌握的方法。等长收缩或离心收缩是患者比较容易掌握的，且对提高患者信心有明显优势的训练方法。患者可直接或在镜子中看到自己能保持姿势，或者能逐渐控制肢体下落的速度，这就是进步，患者就会逐渐变得更加有信心。对这些患者，我们还可以利用肌电反馈装置来帮助他们进行肌力训练。即使患者自己只有非常微弱的肌肉收缩，肌电反馈装置只要能够从该肌肉表面收集



到足够的电信号，就能及时释放仿生电流帮助患者完成目标动作。肌电反馈装置是通过充分调动患者主动神经肌肉募集功能加上被动神经肌肉电刺激共同促进和改善失神经肌肉功能的技术。

脊髓损伤后，患者常常采取消极的态度，不愿意尝试任何有助于促进神经系统功能恢复的训练，很多严重损伤患者更是如此。这样做的后果就是即使他们有恢复的机会，也可能会因消极的心理状态而荒废掉。肌力极其低下的患者，我们还应鼓励他们进行认知（精神）训练或运动想象法进行治疗。这两种方法有细微的差别，一个是让患者系统地重复对动作的认知练习，一种是想象动作产生的情景而实际上不产生肢体动作。虽然这两种方法对脊髓损伤患者肌力的提高目前还只存在理论或处于推论阶段，但已有很多证据证明反复强化脑海里的情景模拟对提高高水平运动员和其他类型神经损伤患者的运动表现有良好的促进作用。脊髓损伤患者使用认知和想象训练一般不会对部分肌力严重低下的肌肉起到快速恢复神经控制的作用，其作用机制还需要进一步研究和明确。

**2. 肌力大于3级肌肉的力量训练方法** 肌力达到3/5级的肌肉已经具备抵抗肢体重力的能力，训练这种肌力水平的肌肉的方法较多：可以直接抵抗肢体重力进行肌力训练；也可以给予较小的阻力，但允许患者能完成全关节活动范围的运动；还可以进行水中肌力训练，借助水的阻力提供肌力训练的阻力负荷，如让患者坐在水池边快速踢水就是很好的锻炼股四头肌的方法。如果患者肌力较好，已达到4/5级或5/5级，可依照正常人群肌力训练的方法对患者进行常规肌力训练。

**3. 神经肌肉电刺激** 神经肌肉电刺激用于预防肌肉萎缩或提高肢体功能表现的做法已经

有相当长的历史，且至今依然普遍应用于临床。有资料证明使用功能性电刺激引导受累肌肉完成有目的的功能动作对预防肌肉萎缩和提高肌肉力量是有帮助的。国外已经有很多关于功能性电刺激促进患者下肢实现驱动功率车和步行功能的报道，甚至还有报道功能性电刺激用于改善患者上肢粗大运动功能的案例。虽然功能性电刺激在预防肌肉萎缩方面没有较为理想的效果，但已经证明其在减缓肌肉萎缩方面的功效；另外对预防下肢肢体肿胀和压疮方面也有积极的作用。

神经肌肉电刺激还被用来改善部分失神经肌肉的肌力。尽管该技术因这一目的被广泛使用，但是至今尚没有足够的临床研究能够提供直接的证据证明单纯电刺激或电刺激结合主动渐进抗阻训练比单纯渐进抗阻训练的效果更好。虽然有临床实验已经证实脑卒中患者在使用神经肌肉电刺激后肌力有微弱的改善，但不能就此推断该技术对脊髓损伤患者同样有效。由于目前尚缺乏明确的证据，并且对患者进行电刺激治疗会浪费很多时间，所以指导患者进行主动肌肉收缩训练应该是更加理性的选择。

### 三、肌力训练中的损伤预防

渐进抗阻训练曾经一度被停止应用于神经源性瘫痪和痉挛的患者身上，因为抗阻收缩会诱发肌肉痉挛。这个观点是Bobath在脑卒中患者的早期康复治疗中观察到并提出来的，她认为力量训练会诱发错误的运动模式。在临床工作中，我们的确发现过脊髓损伤患者在进行肌力训练时会引发肌肉痉挛的现象，尤其是踝阵挛阳性或其他牵张反射明显亢进的患者会因某些主动运动而引发痉挛的概率更高。但即便如此，目前还没有相关研究发现渐进抗阻训练对痉挛肌肉会有伤害性影响。

在脊髓损伤患者肌力训练的开始阶段，可适当降低训练要求，尤其是身体虚弱或老年患者，循序渐进地提高训练强度可避免运动损伤。但实际研究发现，平常不参加体育锻炼的正常人在接受渐进抗阻训练时受伤的机会没有明显增高，所以我们在康复治疗过程中无需太过谨慎。

对拮抗肌完全麻痹的肌肉进行训练时可能需要特别注意。有人认为，在主缩肌和拮抗肌肌力严重失衡的情况下进行优势肌肉的肌力训练时更容易发生损伤，需适当延长训练周期，并密切关注疼痛变化。例如 C<sub>6</sub> 脊髓损伤患者肱三头肌无力，长期进行肱二头肌较大负荷的力量训练可能会引起肘关节的损伤。

肌肉训练，尤其是肌肉离心收缩训练，比较容易引起肌肉酸痛，这在肌力训练的前期阶段更加明显。所以治疗师应提前告知患者肌力训练开始阶段出现这样的反应是正常现象，这对提高患者的忍耐力有明显的促进作用，患者不仅不会出现放弃等负面情绪，反而会提高进一步训练的积极性。

### 第三节 慢性期提高肌力表现的方法

在脊髓损伤的早期阶段，康复训练的重点应该围绕受损的运动功能进行。肌力训练不仅可以很好地改善外周力量和肢体功能，而且对提高患者的身体健康水平和生活质量也有好处。但经久的刻板肌力训练对大部分慢性期患者来说，都是枯燥乏味的。为了不让患者被动陷入不良心理状态，我们需要避免单独推荐患者进行专门的力量训练，而应该建议他们更多地参与日常生活活动、社会活动、职业活动等，使肌力在更加现实的生活活动中得到提高。有研究显示脊髓损伤患者出院后继续进行肌力训

练可以明显减轻疼痛、提高生活质量和生存满意度。也有研究发现，即使患者功能因受伤更加严重或者年龄更大等因素的影响，规律的肌力训练对改善他们的情绪和生活满意度也都能起到非常积极的作用，因此我们极力倡导脊髓损伤患者在出院后早期仍然要积极进行肌力训练。还有研究发现，即便回归家庭和社会后没有更多的专业指导和设备，但在日常生活活动中有助于获得肌力改善的任何方式，如从轮椅到各种座面之间的转移、长期主动驱动轮椅，甚至仅用双手握住轮椅扶手撑起身体的简单动作，对提升某些部位肌肉的力量都非常有用，因此非常值得鼓励患者去做。有研究发现，肌力训练可刺激脑内啡肽、5-羟色胺（5-TH），以及血管生长因子（Vascular Growth Factor, VGF）等物质的释放，这些物质对改善患者抑郁情绪有积极的作用。所以，我们应该鼓励患者积极进行包括专项肌力训练在内的任何体能运动。

本章详细介绍了脊髓损伤患者肌力训练的策略，这是全书阐述的重点问题之一。脊髓损伤患者和脑损伤患者的康复策略有很大的区别。脑损伤后的康复治疗很大程度上体现在提高患者的肌力、抑制肌张力、改善运动模式等外在表现上，但实际上是重塑中枢神经系统功能，或恢复半暗区脑组织的功能，或利用健全神经替代受损神经的功能。但脊髓损伤患者功能提高或恢复的机制并没有那么多地集中在中枢神经功能重塑的理论之上，而更加注重外周功能的体现，可能的原因是椎管局促的空间和脊髓较小的横断面，以及各种下行或上行脊髓束的进一步微观化，不允许脊髓对创伤性暴力或炎症等有更大的代偿余地，而导致一旦损伤，其功能丧失相对于脑组织来说会更加彻底。

（李进飞）

# 第十章

## 心血管功能训练

心血管功能障碍（Cardiovascular Dysfunction）对脊髓损伤患者运动能力的影响是非常明显的。因突然遭受严重神经损伤的影响，脊髓损伤患者无法快速习惯于目前的活动状态，他们必须借助于相对较为费力和困难的运动方法才能完成基本的生活活动，而这些运动方式能效比往往较低。即使是基础的日常活动也会消耗他们大量的能量，再加上因平衡困难带来的心理恐惧感等都会大大限制患者主动参与活动的积极性。

在开始阶段，无论患者的损伤程度如何，他们要想实现良好的转移活动都需依靠和受伤前完全不同的方式进行。一般情况下都是更多地借助上肢来实现，尤其是完全性脊髓损伤患者。步行也是一样，完全性脊髓损伤患者步行多依赖上肢和躯干用力，不完全损伤患者虽然下肢保留部分主动活动能力，但因神经支配不充分，以及肌张力的影响，他们主动活动需消耗更多的能量。这不仅是运动功能不良的问题，患者因损伤后长期卧床导致各方面身体功能下降是主要的原因。因此，脊髓损伤患者从早期开始就应该在提高患者主动运动能力和运动技巧的同时，要把心肺功能（Cardiopulmonary Function）的提高也作为工作重心之一。

心肺功能对脊髓损伤患者的健康和生活方式都有极其重要的意义。心肺功能下降会导致严重的心血管疾病，甚至死亡。据统计，约有

17% 的脊髓损伤患者后期会发展成缺血性心脏病，这在高位脊髓损伤和主动运动不足的患者中出现的概率更大；另外，最终会有约 50% 的患者死于心肺功能衰竭。脊髓损伤患者往往会因为运动功能受限、自卑、悲观等更趋于孤独安静的生活方式，缺乏运动会导致患者进一步罹患更多的慢性疾病，如肥胖症、高血压、低血压、代谢功能障碍、糖尿病、高脂血症等，这些问题会直接导致心血管相关疾病的高发，以及心肺功能的严重下降。

大量研究证明，不论是健康人群，还是脊髓损伤患者，定期规律地进行合理的体能锻炼可以降低心血管相关疾病的发病率。因此，脊髓损伤患者有积极主动参与运动、进行体能锻炼的迫切性，这对预防严重的慢性病有非常重要的作用。临床康复治疗过程中，治疗师从患者接受康复治疗早期就应该教会逐渐学习各项独立生活技能。在患者掌握足够多的自理技巧后，应鼓励他们外出进行社区活动、参与工作等，这些都是康复治疗不可或缺的部分，对提高患者心肺功能、改善心理状态、预防慢性疾病的发生有积极的意义。

心肺功能跟人体体能密切相关，而脊髓损伤患者体能的重要性首先体现在患者开始参与实际生活活动的能力，尤其是因创伤导致的脊髓损伤患者。创伤性脊柱脊髓损伤后早期多需手术治疗，一般会卧床休息数日；较为保守的



可能会卧床数月,期间患者的主动运动极度减少,患者心肺功能会急剧下降。临床研究发现身体功能下降主要表现在以下几个方面:①血容量下降,长期卧床会导致机体整体血容量明显下降;②心脏收缩力下降,因长期运动负荷不足,心脏不需保持高强度的收缩运动,因此会出现心肌收缩力适应性降低;③肺活量下降,需氧量减少,患者呼吸时肺和胸廓的舒缩程度下降,长期如此会导致扩张功能下降,顺应性下降;④肺换气功能下降,这和气体交换及红细胞携氧能力下降有关;⑤机体相关调节功能下降,尤其是心脏在机体参与较重活动时舒缩频率和强度的适应能力下降,以及肺通气和换气功能的调节能力下降;⑥组织器官对血液中的氧和能量物质的利用率下降。

一般来说,胸腰髓损伤患者机体能力保存较为广泛,经过一段时期的适应性训练就会有明显的改善;但颈髓损伤四肢瘫患者因为能有效参与功能活动的肌群较少,很难达到足够的运动强度,所以很难取得理想的适应效果,体能恢复进度也较为缓慢。脊髓损伤患者早期康复治疗的运动强度一般都不会很大,但这一段时间的低强度运动作为患者对运动的适应过程,对后期较大强度的康复运动提供良好的体能准备有着重要的意义。

严格意义上说,体能训练项目需要根据运动试验的结果和反馈来制订和推荐,也可以根据患者对运动的主观劳累程度来确定运动强度。但对脊髓损伤患者来说,用这两种方式确定运动强度还会面临一些问题和挑战,尤其是颈髓损伤患者。

完全性颈髓损伤患者保留部分上肢运动功能,在伤后早期恢复主动运动时患者可能会出现自主神经异常反应症状,这在 $T_6$ 平面以上损伤的患者中都比较常见。 $T_6$ 及以上平面脊髓

损伤患者的脊髓交感神经功能受损,交感神经活动对心脏运动、呼吸频率、体温和血压调节、机体内分泌功能,以及运动代谢反应都有明显的影响,所以较容易发生自主神经反射异常;并且这种异常反射在脊髓休克期过后终生任何时期都可能发生,尤其是在尿路感染、腹腔炎症、大便淤滞、膀胱充盈等病理或生理异常状态时。虽然血浆中的儿茶酚胺可以模拟交感神经活动,但效果并不显著;而且反应通常是滞后的,不能及时,也不足以弥补交感神经损伤带来的负面影响。通常在进行主动运动时机体和环境出现明显的温度变化、膀胱充盈、疼痛、痉挛,甚至体位改变都可能引起自主神经异常反应。所以,虽然运动试验能较好地反映患者机体的实际状态,对确定运动负荷有一定的指导意义,但临床应用时,在给 $T_6$ 以上脊髓损伤患者进行运动试验或者制订运动处方时应全面考虑,不能遗漏这方面的问题。并且,在整个康复治疗过程中,甚至在出院后家庭日常生活中都应密切关注,以免发生严重的问题。此外,高位颈髓损伤患者的体能下降明显,上肢功能保留较少,在开始阶段进行主动运动时异常困难,非常容易疲劳;且因患者多有心理上的负面情绪,故根据主观劳累程度难以确认较为准确的运动强度。

由于针对脊髓损伤患者心肺功能研究的临床对照试验还比较少,尚没有足够的科研数据能提供更有价值的参考。因此,只能借鉴来自于对健康人群类似试验研究获得的数据给脊髓损伤患者的运动训练提供参考。评估心肺功能训练对脊髓损伤患者心血管相关疾病预防作用的试验还有待进一步研究,但目前在进行康复治疗时,也只能参考正常人群的心肺功能参数对脊髓损伤患者的心肺功能康复予以指导。



## 第一节 心功能评估

心功能评估对于设置运动处方和监测运动反应有着很重要的意义。运动量不足易导致心血管疾病。但过于剧烈的运动也会导致心血管意外，因此日常锻炼和预防是必需的，但活动前应该对老年患者和高危人群进行评估。

心功能评估必须具有可重复性。因此对脊髓损伤患者进行心功能评估时所用的器械设备，甚至运动设置等都应该设定明确的标准，避免测试过程中的变化对结果的影响。如轮椅、缓冲垫、患者躯干的固定和体位等因素都需要标准化；其中最为重要的标准化因素是轮椅，包括轮椅的驱动方式等，因为不同的轮椅产生的机械效率是不一样的。现将常用的心功能评估方法概述如下。

### 一、峰值摄氧量测试

**峰值耗氧量 (Peak Oxygen Consumption)** 测试是测量身体在运动过程中，循环系统和呼吸系统发挥最大作用时，机体每分钟摄取氧的最高能力，是评估心肺功能最精确的方式。测试可以采取任何类型的运动方式，理论上要求尽可能采取广泛的大肌群运动，常用的方案有手摇车、运动平板上驱动轮椅、脚踏车等。

**峰值摄氧量 (Peak Oxygen Uptake)** 测试较为复杂，需借助气体分析仪进行。测试时用气体分析仪的面罩收集受试者呼出的气体，对收集到的气体进行精确分析，并计算出即时的耗氧量。运动过程中计算出的摄氧量最高的值为峰值摄氧量，其结果可以表示为最大摄氧量的绝对值 ( $L/min$ ) 或相对值 [ $mL/(kg \cdot min)$ ]。

峰值摄氧量测试需要患者逐步增加运动负荷直至筋疲力尽。患者可在每次增加强度前休息 20~30s。脊髓损伤患者进行手摇车测试峰值耗氧量时，起始负荷一般为 30W，每分钟增加 10~15W，最大负荷一般不超过 50~100W。四

肢瘫患者等效试验可能从 5W 甚至更低开始，并且每分钟增加 2.5~10W，这取决于患者的身体素质和损伤水平。四肢瘫患者能达到的最大负荷范围和 10~50W。手摇功率车可以通过调节阻力和速度控制负荷，试验速度通常使用 30~90r/min。

健康人群运动时的峰值摄氧量基本接近于最大摄氧量。研究发现，患者进行手摇车运动时所能达到的最大输出功率及摄氧量均低于脚踏车运动。这可能是由于上肢运动的肌群较少，机体对氧的需求较少。

峰值摄氧量测试是检测心肺功能最精确的方式，但因操作比较繁琐，且无必要性，故并不常用于脊髓损伤患者。此处做简要介绍主要是因为峰值摄氧量测试是检验脊髓损伤患者运动反应的“金标准”和基础。

### 二、亚极量手臂试验

临床最常用于评估轮椅依赖的脊髓损伤患者心功能的检测方法是**亚极量手臂试验 (Subextreme Arm Test)**。虽然可以使用便携式气体分析仪进行精确的评估，但对脊髓损伤患者进行心肺功能检查更多地还是使用测量心率的方法。亚极量手臂试验的操作方式类似于极量手臂试验，只是要求在患者运动强度达到最大之前就结束。亚极量手臂试验包含 3 项 7min 运动，要求患者 3 次运动分别达到 40%、60% 和 80% 的最大运动强度。一般情况下，截瘫或体能素质较好的患者运动负荷可设定为 40W、60W 和 80W，而四肢瘫或体能状况较差的患者运动负荷只能设定为更低水平，如 20W、30W 和 40W，但可以根据患者实际情况予以调整，保证患者能成功完成检查。

对健康人群来说，摄氧量和心率之间存在一种线性关系，根据用呼气分析获得的亚极量手臂试验可以估算出患者的最大摄氧量，再推算出该患者在不同摄氧量情况下的理论心率。由于脊髓损伤患者的体能状况和健康人有较大

的差异，尤其是 T<sub>6</sub> 以上脊髓平面损伤患者，亚极量手臂试验很难估算出较为准确的峰值摄氧量。

亚极量手臂试验结果除了借助心率监测患者运动反应外，还可以通过由 Borg 提出的患者主观用力（劳累）程度量表（表 10-1）来大致衡量患者的运动强度。经过一段时间的康复训练后，心肺功能提高的患者在进行相同强度的运动时心率会有所下降，或者患者主观劳累程度有明显降低。

表 10-1 Borg 主观用力程度量表

分值	自我感觉用力程度	分值	自我感觉用力程度
6	非常轻松	14	费力
7		15	
8	很轻松	16	很费力
9		17	
10	稍轻松	18	非常费力
11		19	
12	稍费力	20	
13			

三、简易运动试验

以上两种心肺功能检查方法在实际操作时都比较繁琐，而繁忙的临床工作一般不允许花费大量时间进行这样的检查，因此需要更为简单易行的测试方法。如用患者一定时间的步行、驱动轮椅、骑车、游泳的距离，或是用完成额定工作目标的时间来衡量。针对脊髓损伤患者心肺功能的简易标准化检查方案包括 6min 和 12min 轮椅驱动试验。方法是让患者以最快的速度在平地或运动平板上驱动轮椅前行，计算 6min 或 12min 所能驶过的距离。也可以通过改变测试环境，如改变驱动轮椅的坡度等来提高检测要求，但同一位患者的前后检查应该统一。12min 轮椅推行试验（12min Wheelchair Propel Test）（表 10-2）还可以被用于粗略估算患者的峰值摄氧量。

表 10-2 根据 12min 驱动轮椅的距离评估运动能力  
(坡度为 0°)

运动水平	距离(km)	峰值摄氧量 [ml/(kg·min)]
较差	<1	<7.7
低于平均	1~1.39	7.7~14.5
正常	1.4~2.1	14.6~29.1
好	2.2~2.5	29.2~36.2
非常好	>2.5	>36.3

第二节 脊髓损伤患者心血管系统的运动反应

脊髓损伤水平和程度都会影响患者的运动反应。有步行能力的患者的运动反应类似于正常人，而完全性上胸段脊髓损伤和颈髓损伤四肢瘫患者的运动反应则有很大差异。影响患者运动反应的三个主要因素是上肢依赖、下肢瘫痪和失交感神经控制。这些因素会进一步影响决定峰值摄氧量的两个因素，即心输出量（Cardiac Output）和动-静脉氧分压差（Arteriovenous Oxygen Differential Pressure Difference）（表 10-3）。菲克定律（Fick’s Law）总结了心输出量、动静脉氧分压差和峰值摄氧量三者之间的关系：

表 10-3 影响患者心率、每搏输出量和动静脉氧分压差的关键因素

心率	每搏输出量	动静脉氧分压差
交感神经系统	静脉回心血量	参与活动的肌容量
副交感神经系统	后负荷	肌肉摄取氧的能力：
去甲肾上腺素	心脏收缩力	- 毛细血管
心脏节律	血容量	- 线粒体数目
		- 参与运动的肌肉的血流量
		- 氧化酶的活性

峰值摄氧量 = 心输出量 × 动静脉氧分压差  
注：心输出量 = 心率 × 每搏输出量  
心输出量是峰值摄氧量的“核心”决定因素，而动静脉氧分压差是“外周”决定因素。

下面简要介绍一下心输出量和动静脉氧分压差对脊髓损伤患者运动的影响。

### 一、心输出量

因伤后长期卧床，脊髓损伤患者的**每搏输出量（Stroke Volume）**和最大心率都有不同程度的降低，因此其最大心输出量也会出现明显下降。

健康人群通过长期适当的体能锻炼能有效改善心输出量和运动耐力，低位脊髓损伤患者通过训练也能达到理想的效果。但颈髓和上胸髓损伤的患者因残存的健全肌肉容量太少，即便进行最大能力的运动，机体对氧的需求都难以达到能改善心脏功能的目的。因此，损伤平面越高的患者，越难以选择合适的方法通过上肢残存的肌肉工作来改善患者的心血管系统的功能。

### 二、心率

心率取决于交感神经和副交感神经之间的动态平衡。交感神经经由脊髓  $T_1 \sim T_5$  的神经根支配和影响心脏工作，交感神经兴奋起正性作用，可导致心率加快、心肌收缩力加强；而副交感神经兴奋则起负性作用，可使心率减缓。正常成人安静状态下心率  $70 \sim 80/\text{min}$ ，这是由心脏窦房结自律性冲动发放决定的。而在交感神经兴奋时，心率会明显提高。健康人运动状态下依年龄不同最大心率可达  $200/\text{min}$ ，而  $T_1$  以上损伤的患者最大心率仅可达  $110 \sim 130/\text{min}$ 。这是由于  $T_1$  以上脊髓损伤的患者完全丧失了脊椎上交感神经对心脏的控制，而心率的加快主要通过副交感神经兴奋性的消退而实现。另外，循环体液因素如儿茶酚胺的释放也可以进一步提高心率，但从该物质释放到产生效果之间有明显的滞后性，存在较大的时间差，作用缓慢，且作用效果也较弱。

和普通健康人类似，适当的体能训练可以增加脊髓损伤患者的最大心率，但训练效果的

潜在机制目前尚不清楚，可能是由于躯体运动能力的改变影响了体液循环，也可能是由于上肢锻炼的局部效应。极量运动试验表明，规律运动锻炼能延迟肌肉疲劳。因此，经过训练的患者比未经训练的患者能更好地适应生活活动的需求。

### 三、每搏输出量

高位脊髓损伤患者的每搏输出量较低，主要是由于丧失了交感神经的控制，对心脏运动的正性作用减弱，心脏收缩和舒张的强度下降；且下肢肌肉没有收缩，失去了对下肢静脉血液向心回流的主动作用，而上肢的运动对静脉回心血量和心脏收缩力的影响较弱。这两方面的因素决定了患者的每搏输出量也较小。

### 四、静脉回心血量

正常情况下，人体  $65\% \sim 70\%$  的血贮存于静脉系统。运动会使健康人体非活动组织中至少一半的血量重新分配到参与运动的肌肉中去。然而脊髓损伤患者腹部和下肢肌肉瘫痪，继发性肌肉泵功能丧失；同时因失交感神经控制减弱，汇聚至下肢静脉系统中的血液无法有效调动起来，仍汇集在下肢静脉系统中。

静脉回心血量很重要，因为它决定了舒张末期心房和心室的充盈程度。心房和心室内充盈的血量越多，心脏收缩时泵出的血量也就越多，人体血液参与重新分配的血量也就越多。舒张末期心室充盈度决定了每搏输出的量大小。对脊髓损伤患者而言，较少的静脉回流限制了每搏输出量，从而降低了心输出量和峰值摄氧量。

心脏的收缩力是指心肌收缩泵出血液的能力。正常人的交感神经活动是影响心室肌收缩力最直接、最重要的因素。心肌收缩力越强，舒张能力也就越强，舒张末期心房内负压就越大，也会增大回心血量。因此，交感神经兴奋



性和心肌舒缩能力下降会明显导致每搏输出量减少。

抬高下肢、对下肢使用电刺激、下肢被动活动等方式可以有效改善静脉回心血量，从而增加每搏输出量。但是训练时穿戴弹力袜和支具对于改善静脉回心血量没有显著的意义。

### 五、后负荷和血容量

后负荷与血容量同样影响每搏输出量（表 10-3）。四肢瘫患者运动时血压低于正常，血容量也会明显降低，但产生这种变化的机制还不是很清楚。

### 六、动 - 静脉氧分压差

动 - 静脉氧分压差，即血液离开肺静脉和进入肺动脉时氧含量的差值，是影响峰值摄氧量的次要因素，它可以反映机体摄取和利用氧的能力。脊髓损伤可能会减少患者的有效运动肌群并导致部分肌肉摄取氧的能力下降，从而影响着整体动 - 静脉氧分压差，但是与影响心输出量的程度有所不同。

体能锻炼能够改善脊髓损伤患者的动 - 静脉氧分压差，延迟肌肉疲劳，这对四肢瘫和运动肌群少的患者尤为重要，因为肌肉疲劳会大大限制脊髓损伤患者的最大运动能力。如果能有效改善人体动 - 静脉氧分压差，患者的峰值摄氧量也会有所改善。

### 七、运动肌群的大小

决定动 - 静脉氧分压差最重要的因素是运动肌群的大小。参与机体运动的肌肉越多，组织从血液中摄取并消耗的氧就越多，机体动 - 静脉氧分压差就越大。脊髓损伤患者由于脊髓神经受累，损伤平面以下神经支配的肌肉功能下降或缺失，整体运动量和运动强度会大大减小。虽然脊髓损伤患者上肢参与日常生活的运动较正常人群会多一些，但由于运动量和运动

强度减小的原因，上肢肌肉需要摄取和消耗氧的量要小很多，因此动 - 静脉血氧差比有下肢更大肌群运动时低。研究证实，即便是正常人，仅上肢参与运动的峰值摄氧量也只接近下肢参与运动时的最大摄氧量的 70%。

### 八、肌肉摄取氧的能力

肌肉摄取氧的能力同样是动 - 静脉氧分压差和峰值摄氧量的一个重要影响因素。氧气的摄取取决于诸多因素，包括肌纤维的大小和类型、毛细血管的密度、血流的调节、线粒体的大小和数量，以及组织代谢的类型。尽管失去了交感神经的控制，但这些因素相对受脊髓损伤的影响较小。运动时交感神经活动会导致内脏器官的血管收缩，从而增加外周肌肉的血流量。

高位脊髓损伤患者的受累肌肉由于失交感神经支配，流向运动肌肉的血流也受限；而肌肉局部的血管舒张效应、pH、代谢产物、温度和组织液的变化可以部分地中和这种负面影响。但是如果只有这些作用而没有其他血管的收缩代偿，就可能产生运动性低血压。体能锻炼能提高高位脊髓损伤患者摄取氧的能力，是增加脊髓损伤患者峰值摄氧量的一个关键因素。

相关研究表明，慢性期脊髓损伤患者肌肉中 II b 型肌纤维含量显著增多，而 II b 型肌纤维对胰岛素介导的葡萄糖摄取极不敏感，肌糖原存贮下降会导致运动耐力下降。另有研究发现，慢性期脊髓损伤患者骨骼肌形态学及收缩特性均发生特异改变。这些改变包括蛋白成分减少、肌球蛋白重链亚型增多、肌纤维横断面面积减少、肌肉易感疲劳。规律的体能训练可以提高脊髓损伤患者骨骼肌对胰岛素的敏感性，增加骨骼肌中 I 型肌纤维的含量，增加线粒体和肌红蛋白的浓度，增强毛细血管的密度，



更好地贮存糖原和提高糖原的合成，提高肌肉的摄氧能力。同时这些变化能有效降低乳酸累积，特别是在训练初期依赖无氧供能系统时，有短暂但较高的乳酸累积，相关局部肌肉酸痛和疲劳都是限制小肌群运动的重要因素；而较高的摄氧能力能够延缓局部肌肉疲劳，提高运动能力。

### 第三节 运动处方

运动处方 (Exercise Prescription) 是物理治疗师给患者拟定的运动训练计划，包括运动方式 (Exercise Mode)、运动频率 (Exercise Frequency)、运动强度 (Exercise Intensity)、运动时间和注意事项等。不同的脊髓损伤患者残留的运动功能不同，所能采用的运动内容也有区别，制订处方时需全面考虑。

#### 一、运动方式

运动方式的选择需考虑患者的实际情况。在改善患者心血管功能方面，尤其需要注意的是患者的身体状况如何，在参与运动训练时是否需要心电监护。一般情况下，若早期颈髓损伤患者需要心电监护，此时患者多适合床上简单的主被动活动、体位转换、直立床站立等。虽然推荐用以提高患者体能和耐力的运动多以需要花费较长时间的有氧运动为主，但长期卧床的患者在开始主动进行这些简单的功能活动后，体能会得到明显的改善。

损伤后期为了维持和改善患者心血管的功能情况，除了要按照大肌群参与有氧运动的原则外，还需要根据患者的损伤情况选择合适的运动方法。马尾神经损伤患者下肢如果保留较好的屈伸功能，则可以采用脚踩功率车的方式进行训练，功能稍差的患者可以选择游泳、手摇功率车等。胸、腰段脊髓损伤患者多可采用手摇功率车的方式进行锻炼 (图 10-1)，有条件

的也可采用游泳、健身等运动方式。而颈髓损伤患者所能选择的有效运动方式就较少一些，最常用的为手摇功率车。另外，手功能较好的患者还可以通过驱动轮椅的方式实现锻炼目的。这也是在康复治疗早期，物理治疗师会把心功能康复和日常生活活动结合起来的原因，患者主动驱动轮椅不仅可以有效改善心肺功能，还能逐渐提高自身肢体功能和生活独立能力。但遗憾的是，在后期继续进行主动的轮椅驱动训练无法达到改善心肺功能的目的。

在改善脊髓损伤患者的心血管功能方面，可以采取持续的运动训练，也可以采取短时间间隔的训练，两者穿插结合是最适合的。也有人认为短时间间歇训练的效果更符合脊髓损伤患者日常生活的实际需要，但这尚需进一步验证。



图 10-1 手摇功率车进行有氧训练

在帮助患者制订运动处方时，选择可以提高患者依从性的运动项目是很重要的，这需要运动项目具有多样化、趣味性、结构化和可监测性。组合式的运动方式最有可能维持患者的兴趣和积极性。假如处方要求患者进行手摇功率车训练，若始终以固定的速度和阻力在无人监督的情况下每天做 20min，患者是不太可能坚持的，这样的运动太过无聊乏味；如果高速低阻力与低速高阻力相结合，或者第一天行手摇功率车训练，第二天做轮椅 12min 驱动训练，患者的兴趣会更好。另外，单是轮椅驱动也可

以多样化设置,可以要求患者在平地上推,也可以驱动轮椅上下斜坡,还可以驱动轮椅前进、后退或过障碍物等。驱动标准轮椅和竞赛轮椅,或进行轮椅足球运动相交替的训练更有助于患者坚持下去。

如上述驱动轮椅的活动一样,任务导向性运动在早期康复阶段可很好地改善患者的心血管功能。脊髓损伤患者开始接受康复治疗阶段都会进行床椅转移训练,如果让患者连续进行多组训练,中间间隔 1min,连续 6 组,训练能取得一定的效果。康复后期的患者借助下肢矫形器辅助步行,或进行多组坐站训练等都能取得良好的心血管功能改善效果,工作的重点就是用合适的方式进行一定时间的重复运动。便携式心率监测仪可确保患者在运动时能达到最低靶心率并能维持足够长的时间。虽然上述几种耐力训练相比其他形式的训练有失精确,但可以为患者提供符合日常生活需求的功能性训练,这样的训练也更容易为患者接受。

为脊髓损伤患者设计的轮椅运动体操同样可以达到较好的训练效果,该操旨在以类似健康人群的运动方式,调动脊髓损伤患者更多的肌肉参与运动,以中等强度运动训练患者的心血管功能。轮椅运动体操涵盖热身运动、八节到十节主要运动体操和整理运动三部分,做操过程中患者头颈、上肢、躯干肌肉应广泛参与运动。完成整套体操约需 30min,可以达到有氧训练(Aerobic Training)的要求。轮椅运动操结合轻快的音乐节奏、多变的动作、多级负重的选择,适合不同损伤节段患者的训练。在社区医疗机构以小组形式开展或患者独自在家中结合视频进行训练均能达到理想的训练效果,该训练模式尤其受到中青年患者的喜爱。

当然,如果康复训练能作为患者娱乐和体育运动的一部分,则更能持续贯穿患者的日常生活,对改善患者身体功能和心血管系统功能

有积极的意义。游泳、健身、轮椅竞速、轮椅篮球、轮椅足球、轮椅舞蹈、轮椅体操、电视虚拟游戏运动等越来越流行,这些都是脊髓损伤患者能够选择的很好的运动方式。即使不参与这些比较规范的体育运动,和其他患者一起驱动手动轮椅出游也是不错的锻炼方式,对提高身体功能有积极的作用。

## 二、运动强度

有氧运动强度是维持和改善健康人群心血管功能的最佳运动强度。脊髓损伤患者进入慢性期应参照健康人群设定运动强度,但为安全起见,建议在实施运动方案前进行运动心电图试验以筛查潜在的危险。 $T_6$ 以上脊髓损伤患者的交感神经控制不良,运动可能会导致心律失常,运动心电图试验能帮助物理治疗师提高患者实施较大强度运动的安全性,也是确定患者最佳运动负荷的方法。便携式心率监测仪也可以用来粗略地判断合适的运动强度,但因不能获得心电信号,无法提高安全性。

临床上确定患者合适的运动强度的最常用且较为合适的方法有两种。一种是依赖于患者的主观劳累程度。患者主观劳累程度达到 12~16 分(Borg 主观劳累程度量表,详见表 10-1)是比较适合的运动强度。一种是实时监测患者的心率。运动强度在中等或中等以上的运动对提高患者的心肺功能有明显的效果。美国心脏协会建议,初练者的运动心率以最大心率的 50%为宜,几周后,强度逐渐增加到最大心率的 75%。便携式心率监测仪可以用于确定心率和 Borg 用力水平之间的关系。

## 三、运动频率和运动时间

美国运动医学学会(American Society Of Sports Medicine)为残疾人制订的通用指南建议,每周运动 3~5 次,每次最少 30min,运动强度要达到 50%~80% 的最大运动能力(也就

是峰值摄氧量)，或者达到 70%~85% 的最大心率。指南也有专为脊髓损伤患者提供的建议，尽管依赖心率的运动处方对于交感神经控制不良的高位脊髓损伤患者有相当的挑战，但患者还是有必要依靠循序渐进地提高运动强度的方法来改善心血管系统功能，所以仍建议脊髓损伤患者尝试实施持续 50%~80% 的最大强度的运动。美国心脏协会（American Heart Association）推荐每周 3~5 次、每次持续不少于 30min、50%~75% 最大心率的有氧运动来改善心脏功能。有氧运动对心血管系统和心肺功能都有积极的改善作用，并可显著减少相关疾病发病的风险。

#### 四、临床特殊问题

**1. 患者体能状况** 脊髓损伤患者早期康复阶段可能无法维持足够长的时间、合适强度的运动，尤其是年龄较大或身体较虚弱的患者，即使经过一段时间的训练，要想严格按照目标运动处方实施都可能不太现实，主要原因包括年龄、肌肉骨骼疼痛、心肺功能低下、机体适应性差、局部肌肉疲劳、情绪低下、患者依赖性高、主观努力不够等。患者可能要经过数周或数月的适应性训练才能建立规律的、强度合适的运动。但临床发现患者对间歇训练的接受程度比持续训练要高一些。早期开始就让患者进行密集的、严格的持续性高强度训练可能会难以实现，尤其是对伤前没有运动锻炼习惯的患者，并且，这很可能会阻碍患者养成良好的运动锻炼习惯。

**2. 体温调节障碍**  $T_6$  以上平面脊髓损伤患者的交感神经系统可能受累，皮肤的血液循环差，排汗功能减退，体温调节系统功能失调，最终导致部分脊髓损伤患者运动时散热功能下降。很多脊髓损伤患者在参与运动时会有明显的体温升高，可是他们却无法及时感觉到机体

温度的升高；而任何核心区体温升高都是比较危险的，尤其是在炎热环境下进行较大强度的训练，这是应该绝对避免的。因此在临床康复治疗时，应注意环境温度的调节，必须确保充足的水分摄入和适合的衣物增减。

## 第四节 社区康复锻炼

脊髓损伤患者出院后若能继续坚持运动康复锻炼，不仅能够进一步改善患者心血管健康水平、提高体能，还可以提升患者的社会融合度和生活满意度；同时能够增加患者自信心、提高康复疗效、减少焦虑、减轻疼痛和抑郁、预防尿路感染和呼吸道感染、预防压疮、减缓骨质疏松和控制痉挛。社区定期回访既往接受过康复训练的患者在回到社区后继续进行功能锻炼的情况对改善患者的肢体功能、独立生活能力和身体素质等均有帮助。事实上不仅偏瘫患者有较大获益，健康人群也能从体能锻炼中获得不同程度的提高，所以应该鼓励脊髓损伤患者定期进行参加体育运动或功能锻炼，包括持续较长时间的有氧运动。

除非已经养成定期运动的习惯，大部分健康人群对运动锻炼都有明显的惰性。脊髓损伤患者也是如此，即使在医务人员的密切监督和鼓励下也难以按时有效地执行康复锻炼计划。脊髓损伤患者是否能保持长期、规律的家庭康复训练与他们损伤前的运动习惯和内心运动积极性等都密切相关。其他可能成为阻碍患者保持良好运动习惯的现实因素有：因护理任务较多导致的时间紧张，高位脊髓损伤患者的转移难度，台阶等障碍环境，缺乏适当的辅助设施，患者自身心理的障碍或来自家庭成员的担心等。

物理治疗师等医务人员、社区服务人员在改善患者社区内活动方面所面临的困难是消除

障碍、促进患者保持健康的生活方式。首先，这需要进行广泛的宣传教育，不仅要重点提出锻炼的重要性，同时要鼓励健康的饮食习惯和戒烟等。其次，针对患者无障碍通行和容易进行的基础锻炼项目提供支持，不同的项目要满足患者不同的生活方式和运动选择。再次，应尽可能给患者提供锻炼机会，若能让患者在休闲的环境下或者可以在家内愉快地进行运动，则更有利于患者坚持。最重要的是社区或家庭锻炼项目要符合患者的实际需求，在制订家庭

或社区康复方案时必须要考虑患者的损伤情况、个人意愿、物质条件、家庭支持等。

脊髓损伤患者回归家庭生活后，要鼓励他们坚持运动以增进或维持心血管健康。患者不仅要力所能及地完成基本的日常生活活动，还要增加必要的基础锻炼，甚至积极参与体育运动和社会活动。保证整体运动量可以维持或提高体能和主动运动能力，同时也可以管理好体重，预防肥胖和代谢性疾病等。

（范亚蓓 茅 矛）



# 第十一章

## 疼痛治疗

疼痛是脊髓损伤最常见的并发症之一。有研究报道，脊髓损伤后疼痛的发病率高达80%，其中1/3为严重疼痛，并且可能持续存在。这种持续性的疼痛会严重影响脊髓损伤患者的认知、情绪、日常生活活动能力以及生存质量。疼痛作为一种不良情绪体验，对脊髓损伤患者会产生较大的负面影响，除了会限制患者的运动功能外，还会影响其生活能力和生存质量。因此，解决脊髓损伤患者的疼痛问题对改善他们各方面的功能、回归社会、提高生活生存质量都有极其重要的作用。脊髓损伤后引起疼痛的原因源自患者疾病和生活的各个方面，广泛的诱因给治疗带来很大的困扰。因此，在试图解决脊髓损伤患者疼痛的问题时需要尝试各种合适的方法。

即使如大家认识的一样，脊髓损伤患者首要的问题是运动功能和二便功能障碍，但疼痛仍然是影响患者能否充分发挥残存能力、能否积极参与日常生活活动和社会活动的最主要因素之一。虽然过去20多年里医学专家对脊髓损伤后疼痛的发病率、发生机制以及严重后果有了充分的认识，但由于疼痛机制复杂，不仅涉及生理、病理因素，还包括患者自身情绪、对自身残损的认识和态度、家庭和社会支持、医务人员的处理策略等，这些都会影响患者的疼痛体验。正是由于疼痛发生发展的原因复杂繁多，临床上往往难以确认真正的原因，医务人员难以采取有效的手段进行针对性治疗。

### 第一节 疼痛定义

疼痛是指由体外或体内的伤害性或潜在伤害性刺激所引发的个体主观体验，并伴随躯体运动反应、自主神经反应和情绪反应等，是一种不愉快的感觉和情绪体验。疼痛是一种复杂的生理心理活动，它包括两个成分：一个是伤害性刺激作用于机体所引起的痛觉；另一个是个体对伤害性刺激的痛反应，并伴随有较强烈的情绪色彩。

疼痛作为主观感觉有其特殊的属性，主要特点有：①痛觉总伴随情绪反应；②痛觉的主观体验以及伴随的各类反射和反应常因周围环境、机体状态，甚至主观愿望等心理活动的变化而改变；③实验过程中，重复多次同样的伤害性刺激，往往难以得到稳定的“痛”反应，即反应的可重复性较差。以上特点在脊髓损伤患者身上的体现非常典型，这和脊髓损伤的原因和特点相关，外伤性脊髓损伤所表现的疼痛更加多样化和复杂化。

疼痛的生物学意义在于它作为警报系统能给患者提供伤害性刺激信号，并引起足够的认识和警觉，以便迅速做出逃避或防御反应，具有保护机体避免进一步伤害的作用。但疼痛作为机体伤害的报警也有其局限性，有些疼痛属神经病理性疼痛或带有明显的情绪反应，这些疼痛比躯体性疼痛更难治疗。脊髓损伤患者的疼痛问题比较复杂，有诸多可能引起疼痛的因

素，包括躯体性因素、神经性因素、心理和情绪性因素等，这给治疗带来很大的困难。脊髓损伤后疼痛的治疗不仅是医务人员的职责和义务，也是患者本人、家属、照护者等所有相关人员的任务。

虽然过去的数十年国际和国内脊髓损伤学界很多学者对脊髓损伤后疼痛的研究取得了一定的进展，但由于疼痛机制的复杂性，脊髓损伤后的疼痛依然是困扰和影响患者最常见的，也是最大的问题之一。运动能力的提高往往是康复医学团队和脊髓损伤患者本人最为看重的进步，但疼痛的存在和程度却可以在很大程度上影响患者发挥残存能力，即参与日常生活、社交、娱乐等活动的潜力。尤其是在患者长期遭受疼痛折磨的情况下，患者的心理，包括对躯体功能的认识、对社会和家庭支持的态度、对自我存在价值的认识等方面会出现偏差，患者对正常的活动、交流的反应和应对策略也会出现异常。这些情况都会导致临床诊断更加困难，也无法找到最为切实有效的治疗措施。

## 第二节 对疼痛认识的现状

随着医学发展、高科技诊疗设备的出现，人们对疼痛产生的不良影响、疼痛机制及其有效治疗手段的认识已经达到了前所未有的高度。越来越多的人认识到疼痛的意义不仅局限于医学层面，而且逐渐趋向于道德、法律层面，更是一个关乎人类和社会发展的问題。

疼痛是人对伤害性刺激的一种主观感受，是人的理性因素、情感因素和生理因素相互作用的结果。疼痛包含两重意思：即痛觉和痛反应。痛觉是一种意识现象，属于个人的主观知觉体验，会受到人的心理、性格、经验、情绪和文化背景的影响。痛反应是指机体对疼痛刺激产生的一系列生理病理变化，体现在各大系

统的反应中，如呼吸急促、血压升高、瞳孔扩大、出汗、骨骼肌收缩等，慢性疼痛还会引起患者警觉、烦躁、焦虑、抑郁等。

疼痛可以是一些精神障碍（Mental Disorder）患者的主诉，另一方面，疼痛也可以引起精神障碍。尤其是有心理问题的脊髓损伤患者，时常出现的疼痛会引起他们烦躁、焦虑、抑郁等不良情绪反应。剧烈疼痛还可使患者产生不满、愤恨或愤怒情绪，因而患者处于激惹状态，极易向周围的人和事物发泄。慢性疼痛的脊髓损伤患者长期受麻木、疼痛和功能受限的困扰，产生慢性应激，导致一系列的心理生理变化，多数患者表现为情绪低落、抑郁，甚至因久治不愈而出现沮丧和绝望。此外，还有相当一部分患者会出现愤怒、恐惧等其他心理问题。

对于疼痛导致的各种不良情绪，除了要给予患者安慰和鼓励，做好各种解释工作，消除疑惑，进行心理疏导，帮助其重新树立信心之外，最根本的措施是通过各种手段有效缓解疼痛。

## 第三节 脊髓损伤相关疼痛的分类

脊髓损伤伴有很多不同类型的疼痛，并且疼痛的特点、表现方式、强度和位置都各不相同。有些疼痛在脊髓损伤后早期就会表现出来，而有些起病隐袭的疼痛则会在损伤多年后发作，且位置不确定。在某些情况下，疼痛可以通过简单干预迅速缓解，而有些时候任何干预都无效。长期存在的疼痛会演变成一种慢性心理问题影响患者的各个方面，甚至还会给患者家庭带来负面的影响。

脊髓损伤疼痛可以分为伤害感受性疼痛和神经病理性疼痛（表 11-1）。伤害感受性疼痛源于肌肉骨骼系统或内脏组织，而神经病理性疼痛是由神经系统原发性损害或相

关的神经功能障碍所引发。我们对脊髓损伤患者伤害感受性疼痛和神经病理性疼痛潜在原因的认识有限，有时候也很难予以准确区分。LANSS（Leeds Assessment of Neuropathic Symptoms and Signs）、NPQ（Neuropathic Pain Questionnaire）和 ID Pain（表 11-2）三个英文量表是国际上使用较广泛、信度和效度较高的神经病理性疼痛诊断工具。在中华医学会疼痛分会的倡导下，国内多家医院共同对 LANSS、NPQ 和 ID Pain 三个量表进行多中心验证研究。研究认为三个量表的信度和表面效度都较好，而中文版 LANSS 和 ID Pain 量表的内容效度高于 NPQ，所以重点推荐使用 LANSS 和 ID Pain 量表作为神经病理性疼痛的诊断工具。LANSS 量表由医务人员填写，包括症状和体征两大部分，得分  $\geq 12$  分诊断为神经病理性疼痛时，其敏感度为 80.0%，特异度为 97.1%。NPQ 量表和 ID pain 均是由患者自行填写的量表，但研究结果显示 NPQ 量表的敏感度和特异度均明显低于 ID pain 量表；并且，ID Pain 量表具有简明、易操作、敏感性高等特点，可快速筛选神经病理性疼痛。

ID Pain 是患者对病程、程度、分析、类型进行自评的神经病理性疼痛诊断量表，完全由患者自评。前 5 个问题回答“是”记 +1 分，最后一个问题“疼痛是否局限于关节”回答“是”记 -1 分，回答“否”不计分。总分 -1~0 分：基本排除诊断为神经病理性疼痛；1 分：不完全排除诊断为神经病理性疼痛；2~3 分：考虑诊断为神经病理性疼痛；4~5 分：高度考虑诊断为神经病理性疼痛。

有证据表明，脊髓损伤后中枢神经系统内的细胞结构改变或物质变化可导致患者对外界刺激敏感性增高（或神经元兴奋性增高），这在一定程度上促进了疼痛的表现和发展。疼痛可能源于受体水平，或是源于在中枢神经系统的神经元异常放电，要么是因为受体改变导致兴奋性增高，要么是因为局部或下行疼痛抑制路径的破坏。一直以来，大多数研究着眼于疼痛的流行病学和致病因素分析，而纵向设计寻求鉴别关键致病因素分析方法的研究却比较少，只有近年才有少量对伤后 1~2 年疼痛的致病因素和预测因素探索的纵向研究文献发表。

表 11-1 国际疼痛研究协会关于脊髓损伤疼痛的分类

主要类型	主要系统	特殊结构 / 病理
伤害感受性	肌肉骨骼	骨骼、关节或肌肉损伤或感染、结构不稳、肌肉痉挛、过用综合征等。疼痛常见于损伤平面以上或者部分感觉保留带，“麻木”“疼痛”“和运动相关”，触诊可见肌肉骨骼等组织压痛，对非甾体类抗炎药等治疗有反应，存在肌肉骨骼病理变化的证据
	内脏	肾结石、直肠和括约肌功能紊乱等导致异常反射性头痛；有感觉的患者疼痛部位以腹部为主，性质多为“钝痛”“肚子绞痛”等，与内脏器官病理损害或功能异常（如感染、阻塞）等有关；感觉功能障碍患者可能以痉挛突然加重或（和）体温增高为主
神经病理性	损伤平面以上	压迫性单神经病（一条神经病损引起该神经分布区的疼痛）、复杂性局灶性疼痛综合征。疼痛多见于神经损伤平面或损伤平面以下 3 个节段以内，疼痛性质为“烧灼感”“电击样”“尖锐”以及“放射性”；常伴有感觉过敏或痛觉过敏；单侧或双侧性分布
	损伤平面	神经压迫（包括马尾）、脊髓空洞症、脊髓外伤 / 缺血（移行区等）、双脊髓平面或神经根损伤（双阶段病变综合征）等。疼痛多见于损伤平面以下超过 3 个节段以上；呈弥散性分布；疼痛性质为“烧灼感”“电击样”“尖锐”以及“放射性”
	损伤平面以下	脊髓外伤、缺血等。疼痛分布于神经损伤平面及以下超过 3 个平面

表 11-2 ID Pain 神经病理性疼痛自测量表

自测题		评分					
		是	否				
您是否出现针刺般疼痛？		1	0				
您是否出现烧灼样疼痛？		1	0				
您是否出现麻木感？		1	0				
您是否出现触电般疼痛？		1	0				
您的疼痛是否会因为衣服或床单的触碰而加剧？		1	0				
您的疼痛是否只出现在关节部位		-1	0				
总分：（最高分 = 5 分，最低分 = -1 分）							
结果分析							
总分	-1	0	1	2	3	4	5
分析	基本排除 神经病理性疼痛		不完全排除 神经病理性疼痛	考虑 患神经病理性疼痛		高度考虑 患神经病理性疼痛	

第四节 脊髓损伤后的疼痛评估

疼痛评估前首先要对患者的基础疾病进行全面了解，确保没有可能引起严重后果的相关因素（如骨折、感染、肿瘤、脊髓空洞症等）。在检查中有任何的怀疑，都需要提出检查并与相关专家会诊。如果在前期或康复治疗进程中发现以下情况则需考虑进一步行医学检查：疼痛出现、加重或变化，出现关节异常活动，肢体肿胀，痉挛突然加重，呼吸和血压波动频繁，运动、感觉、膀胱或肠道功能突然减退，近期体重急剧下降，平衡感觉恶化，体温升高或持续不退，夜间盗汗，咳嗽不止等。既往病史也是需要考虑的重点，尤其是在患者主诉疼痛的

时候，急性创伤史、糖皮质激素应用史和癌症史是导致一些更加严峻的异常疼痛的常见原因。同时还必须认识到慢性脊髓损伤患者，尤其是损伤数年后，患者通常会伴有严重骨质疏松，患者日常的主动活动、不经意的磕绊，甚至轻微的肢体被动活动都可能会导致骨折。另外，根据相关研究推荐，疼痛评估内容除了疼痛感觉外，还应该包括躯体功能、心理和情绪等方面。

一、疼痛评估

疼痛的评估依赖于患者的主观感受，包括疼痛的特点、相关症状、活动受限和制约因素等（表 11-3）。

表 11-3 疼痛评估

疼痛评估的相关问题		
当前主诉 相关病史 前期和目前干预措施（包括用药） 发病机制 对社会参与的影响 加重和减轻因素 社会因素（工作、家庭环境和娱乐）	疼痛史 疼痛的强度 疼痛的频率 疼痛的分布 疼痛的持续时间 疼痛的性质	症状的特点和性质 其他症状(麻木、关节活动范围受限、关节不稳、感觉异常，触摸痛和痛觉过敏等) 症状出现的位置 行为学改变



常用的疼痛强度量化评估方法有视觉模拟评分法（Visual analogue scale, VAS）和数值评定量表（Numerical rating scale, NRS）。简式 Mc-Gill 疼痛调查问卷（Mc-Gill Pain Questionnaire, MPQ）包括 VAS，还包括可用于确定躯体疼痛分布情况的疼痛体表图，见表 11-4。该问卷可以用来评估疼痛的程度和性质，包括 11 项有关感觉类和 4 项有关情绪类的描述词，以及视觉模拟评定法（VAS）和现有疼痛强度评定（present pain intensity, PPI），总分越高，

说明患者疼痛程度越强。该问卷既评估疼痛的情感及感觉方面，又全面评估疼痛的部位、强度和时间特性等，临床研究信度和效度都很好。有研究认为，神经病理性疼痛自测量表（Neuropathic Pain Scale, NPS）可准确反映脊髓损伤患者的神经病理性疼痛状况，并可以用于对治疗效果进行评估。对与疼痛相关的其他临床问题，如关节活动度、肌张力、痉挛等指标的变化，可以采用与正常标准对照，或相关的其他评估方法。

表 11-4 简式 Mc-Gill 疼痛调查问卷

1. 疼痛分级指数					
疼痛性质		疼痛程度			
		无	轻	中	重
S 感觉项					
跳痛		0	1	2	3
刺痛		0	1	2	3
刀割痛		0	1	2	3
锐痛		0	1	2	3
痉挛牵扯痛		0	1	2	3
绞痛		0	1	2	3
烧灼痛		0	1	2	3
持续固定痛		0	1	2	3
胀痛		0	1	2	3
触痛		0	1	2	3
撕裂痛		0	1	2	3
A 情感项					
软弱无力		0	1	2	3
厌烦		0	1	2	3
害怕		0	1	2	3
受罪、惩罚感		0	1	2	3
感觉项总分（S）      情感项总分（A）					
2. 视觉模拟评定法（VAS）					
无痛 0		10 剧痛			
3. 当前疼痛强度评定（PPI）					
0：无痛		1：微痛无明显不适			
2：疼痛稍不适		3：疼痛难受			
4：疼痛难忍		5：极度痛苦			
总分：					

简明疼痛问卷 (Brief Pain Questionnaire, BPQ) 也称简明疼痛评估量表 (Brief Pain Inventory, BPI) 见表 11-5, 该表可用来评估疼痛的多层面特性, 包括过去 24h 中疼痛最剧烈、最轻、平均, 及评估当时疼痛强度及疼痛对日常生活

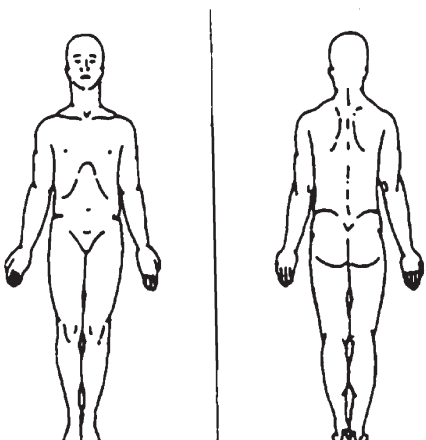
等方面的影响。BPI 是一种多维疼痛测量与评价方法, 问卷简单、容易理解、评估的准确性较好。并且, 该表对针对疼痛采用的治疗措施的效果评估也有较好的信度。BPI 偏重于疼痛时间特征的评估, 常与简化 MPQ 配合使用。

表 11-5 简明疼痛评估量表 (BPI)

患者姓名:	病案号:	诊断:
评估时间:	评估医师:	

1. 大多数人一生中都有过疼痛经历 (如轻微头痛、扭伤后痛、牙痛)。除这些常见的疼痛外, 现在您是否还感到有别的类型的疼痛? (1) 是 (2) 否

2. 请您在图中标出您的疼痛部位, 并在疼痛最剧烈的部位以 “X” 标出。



3. 请选择下面的一个数字, 以表示过去 24 小时内您疼痛最剧烈的程度。  
(不痛) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (最剧烈)

4. 请选择下面的一个数字, 以表示过去 24 小时内您疼痛最轻微的程度。  
(不痛) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (最剧烈)

5. 请选择下面的一个数字, 以表示过去 24 小时内您疼痛的平均程度。  
(不痛) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (最剧烈)

6. 请选择下面的一个数字, 以表示您目前的疼痛程度。  
(不痛) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (最剧烈)

7. 您希望接受何种药物或治疗控制您的疼痛?

8. 在过去的 24 小时内, 由于药物或治疗的作用, 您的疼痛缓解了多少? 请选择下面的一个百分数, 以表示疼痛缓解的程度。  
(无缓解) 0 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100% (完全缓解)

9. 请选择下面的一个数字, 以表示过去 24 小时内疼痛对您的影响。

(1) 对日常生活的影响  
(无影响) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (完全影响)

(2) 对情绪的影响  
(无影响) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (完全影响)

(3) 对行走能力的影响  
(无影响) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (完全影响)

续表

(4) 对日常工作的影响 (包括外出工作和家务劳动)											
(无影响)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (完全影响)
(5) 对与他人关系的影响											
(无影响)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (完全影响)
(6) 对睡眠的影响											
(无影响)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (完全影响)
(7) 对生活兴趣的影响											
(无影响)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (完全影响)

二、躯体功能评估

疼痛可能会进一步加重脊髓损伤患者原有的功能障碍对躯体功能的影响。而且，很多时候不理想的疼痛治疗效果会带来更加严重的影响，并会反过来影响患者的躯体功能和独立活动能力。因此很有必要对患者的躯体功能进行独立的评估。[多维疼痛调查表 \(West Haven-Yale Multidimensional Pain Inventory, WHYMPI, 简称 MPI\)](#) 是临床和研究最常用的心理学评估方法，包括 52 项内容；其中心理社会学评估部分包括 5 个方面的评估：疼痛严重程度、与行为的关联性、所感知的疼痛控制程度、情绪忧虑程度、能感知到获得的帮助或关怀的程度。两个行为学评估部分根据患者如何看待与解释配偶或其他重要的关系人对患者疼痛及功能受损情况的反应，以及患者在 18 种常见的日常行为中功能活动的受损程度进行评分。

[疼痛自我效能问卷 \(Pain Self-Efficacy Questionnaire\)](#)、[恐惧回避信仰问卷 \(The Fear-avoidance Beliefs Questionnaire\)](#) 和 [多维疼痛量表 \(Multidimensional Pain Inventory\)](#) 等可以全面获知患者疼痛的强度、范围和范畴，这有助于物理治疗师从疼痛的生物 - 心理 - 社会维度全面进行考虑，包括心理因素、社会因素和行为因素等。

临床上对患者疼痛情况进行评估的同时，也需要评估疼痛对日常生活、社会、工作、学

习等各方面活动参与的影响程度。这不仅能让 我们清楚地认识疼痛在患者各种活动中的影响，也可以作为评估治疗效果的依据。对活动能力和参与程度的前后比较是慢性疼痛治疗效果评估的重要指标。因为长期疼痛对患者的影响是全方位的，整体上会使患者陷入负性情绪，所以很难单纯地从疼痛程度变化上来判断治疗效果。但患者在日常生活中的表现可能完全不受负性情绪或心理的影响，所以针对患者主动活动能力和参与程度进行评估会更加精确地反映患者的整体效果。这种不直接针对疼痛本身的评估，只能从侧面反映疼痛的变化。临床对疼痛采取的干预措施通常也不会从改变疼痛的特点入手，而是改变与疼痛相关的行为和应对机制。

常用的评估活动参与能力和参与程度的方法有功能独立性量表 (FIM)、[四肢瘫患者功能指数 \(The Quadriplegia Index of Function, QIF\)](#)、[脊髓损伤独立能力评定 \(SCIM\)](#) 和 [改良 Barthel 指数 \(Modified Barthel Index, MBI\)](#) 等。另外，还有一个专门用于脊髓损伤患者肩痛评估的量表——[轮椅使用者肩痛指数 \(The Wheelchair User's Shoulder Pain Index, WUSPI\)](#)，见表 11-6。该量表可对使用轮椅患者的肩痛在不同方面影响患者运动和生活的程度进行量化评估。SF-36 简明健康调查问卷从生理功能、生理智能、躯体疼痛、一般健康状况、精力、社会功能、情感智能以及精神健康等 8 个方面全面概括了被调查者的生存质

量，也常用于脊髓损伤患者慢性期的生存质量调查。

轮椅使用者肩痛指数量表为自评量表，主要用于评估患者使用轮椅过程中的肩痛程度，可以判断患者活动受限情况（表 11-6）。该表覆盖四个大项目，包括转移、轮椅操控、自我照顾和一般活动等四大项，具体涉及 15 项基本活动内容。由患者自己判断在每项运动中的最大疼痛分数，计分尺度从 0 分“无痛”到

10 分“因为肩痛完全不能进行该项活动”，基本同 VAS 评分法。总分为 0~150 分，为各项计分相加所得。得分越高，说明因肩痛导致的活动限制越明显。该表可鉴别疼痛的最小变化值，对脊髓损伤患者肩痛检查没有地板效应或天花板效应，也不涉及患者活动时疼痛的性质以及疼痛频率。该表简单有效，可快速鉴别脊髓损伤患者因肩痛对日常生活的影响程度，但对没有尝试过的活动该表没有应对方法。

表 11-6 轮椅使用者肩痛指数量表

姓名：\_\_\_\_\_ 性别：\_\_\_\_\_ 年龄：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_

损伤平面：\_\_\_\_\_ 损伤程度：ASIA A/ B/ C/ D/ E

该表为脊髓损伤患者在 15 项日常生活内容中的肩痛分数，疼痛评分采用 VAS 法，从 0~10 分，没有尝试过的项目评分记为 N/A。

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
无痛										剧烈疼痛
毫无影响										无法忍受

肩痛评分表：

项目：	得分
转移	—
床椅转移	
汽车轮椅转移	
浴盆 / 淋浴椅轮椅转移	
把轮椅移进汽车	
轮椅操控	—
>10min 的轮椅行进	
斜坡 / 不平路面	
自我照顾	—
举物品过头顶	
穿裤子	
穿 T 恤	
穿开襟衬衫（有纽扣）	
清洗后背	
一般活动	—
工作 / 学校活动	
驾驶汽车	
家务活	
睡眠	

总分：\_\_\_\_\_

（本表由 Curtis KA 等编制，蔡可书翻译）



### 三、情绪功能评估

慢性疼痛常伴有情绪异常，常见的有抑郁或焦虑，因此有学者提出进行疼痛治疗以后对患者的情绪进行评估非常必要。

**1. Beck 抑郁问卷** Beck 抑郁问卷 (Beck Depression Inventory, BDI) 又称 Beck 抑郁自评量表，由美国著名心理学家 Beck 编制，经多次改良后广泛应用于临床。早期 BDI 有 21 项评估内容，但应用发现严重患者不能完成评估，因此于 1974 年推出改良的 13 项评估版本，主要包括抑郁、悲观、失败感、满足感缺如、自罪感、自我失望感、消极倾向、社交退缩、犹豫不决、自我形象改变、工作困难、疲劳感和食欲丧失等，由受测者根据有无症状及症状严重程度选择回答 (0~3 评分)，各项目评分相加得到总分，根据总分高低评定抑郁严重程度。BDI 是应用最为广泛的测量抑郁水平的工具，既可用于筛查抑郁症，也可用于患者抑郁严重程度的评价。

**2. 情绪状态量表** 情绪状态量表 (Profile of Mood States, PMS) 比 Beck 抑郁调查表更能清楚地反映患者的情绪或心境状态。该测验问卷由 6 个分量表组成，即紧张 - 焦虑 (Tension-anxiety, T)、抑郁 - 沮丧 (Depression-dejection, D)、愤怒 - 敌意 (Anger-hostility, A)、有力 - 好动 (Vigor-activity, V)、疲惫 - 惰性 (Fatigue-inertia, F)、困惑 - 迷茫 (Confusion-bewilderment, C)。每个分量表代表 6 项独立的情绪要素，分别包括若干个描述不同情绪状态的形容词，如紧张的、不愉快的、愤怒的、精力充沛的等共 65 个形容词。整个测试卷将分属于各分量表的题项混合排列。每一题项的回答采用 5 级评定：0 表示一点没有；1 表示略有一点；2 表示中等程度；3 表示相当明显；4 表示非常明显。此外，该测验问卷还有 7 个积极的情绪状态题项 (如友好的、体贴的、乐于助人的等) 作为“干扰

性题项”用以检测被试者的诚实及合作程度。该量表信度和效度较高，适合对患者进行情绪功能评估。

## 第五节 脊髓损伤后疼痛的应对策略

### 一、神经病理性疼痛

神经病理性疼痛是很多疼痛综合征的总称，包括压迫性单神经病、神经根受压和脊髓空洞症以及脊髓创伤等。主诉特点和“灼烧感”“火辣辣”“尖锐难忍”“电击样”“无时无刻不在痛”等词语有关，有神经病理性疼痛的患者可能存在感觉过敏或痛觉过敏现象，患者对疼痛刺激高度警惕，饮食和睡眠都受影响，病程长的患者有明显的体重减轻和精神萎靡的临床表现。

神经病理性疼痛可能出现在损伤平面之上，也可能出现在损伤平面以下部位。典型的神经病理性疼痛表现为烧灼痛、电击样或针刺样疼痛，并且这种疼痛不受活动或体位变换的影响，但通常和疼痛区域皮肤对碰触敏感度增高有关。偶有患者疼痛发生在从感觉缺失到感觉正常区域之间的 2~4 个皮区之间，类似于完全性脊髓损伤患者的感觉保留区域 (等损伤平面性疼痛)。这种情况一般于损伤早期就会出现，并且通常呈对称性或环绕型。还有一种情况，在损伤平面以下感觉缺失区域的疼痛散布得更加广泛 (损伤平面下的疼痛)，其他用来表述这种疼痛的词语有中央感觉迟钝综合征 (Central Dysaesthesias Syndrome)、中枢性疼痛或幻觉痛。

神经性疼痛很难治疗，目前最主要的治疗手段依然是依赖药物，精神类药品有特殊的作用。近年来，在脊髓损伤后的疼痛治疗方面已经有少量的临床研究，但所取得的结论却截然

相反,仅有少量证据显示物理疗法对降低受累皮区的敏感性有效。尽管 TENS 疗法受到广泛推荐,但目前尚没有充足的证据能够提供有力的支持。我们认为,对脊髓损伤继发性神经病理性疼痛的患者来说,物理疗法最大的作用是鼓励患者通过渐进式训练和运动,减少继发性损伤和活动受限出现的可能性。尤其重要的是要确保患者不会因为过度保护性的制动而产生肢体挛缩和肌肉无力。但这些工作最好和药物同步使用,这种情况下对疼痛的有效控制会让患者对未来的运动更有信心。否则会让患者误认为运动会加重疼痛,从而故意回避运动。主动回避活动对有痉挛存在的患者来说关节挛缩的可能性会大大增加。

## 二、伤害感受性疼痛

伤害感受性疼痛源于皮肤、肌肉骨骼系统和内脏器官的外伤、疾病或炎症,物理或化学性的刺激性损伤,此类疼痛基于完整的伤害感受性神经传导通路进行疼痛信号的传递。伤害性肌肉骨骼性疼痛常被描述为与“麻木”“火烧火燎”“一动就疼,不动不疼”“休息后好点”“酸麻”“胀痛”等词语有关的概念。常见的原因是骨骼、肌肉、外周神经、肌腱、韧带、椎间盘、滑膜、筋膜等组织的过度牵拉、过度使用、外伤、挤压等引起的物理刺激或化学刺激。伤害感受性疼痛的治疗相对简单和容易一些,但当长期受伤害性疼痛(Nociceptive Pain)困扰的患者出现抑郁、焦虑等心理,或者合并有神经病理性疼痛(Neuropathic Pain)时,解决起来就变得更加困难了。有研究表明,有伤害感受性疼痛问题的患者中约 63% 的人尝试过一种以上的镇痛治疗措施。常用物理疗法包括运动、推拿、牵伸、放松疗法和运动再学习等。下面总结一些脊髓损伤患者常见的肌肉骨骼系统疼痛的治疗策略。源自内脏器官的

伤害感受性疼痛可查阅相关文献。

**1. 损伤早期颈背部疼痛** 颈背部疼痛,尤其是继发于脊柱和韧带严重损伤的疼痛可能在损伤早期就会显现出来。疼痛或主要源于结构稳定性差或广泛的软组织创伤,但后期在运动中所体现的疼痛多是因为术后长期制动引起的软组织肿胀、僵硬、挛缩所致。手术医生可能会针对患者术后运动的开始时间、运动幅度、运动强度和运动量提供一些意见和建议,还会交代患者在运动中应严格注意的事项。在这种指导下,物理治疗师可以适当鼓励患者积极参与各项康复训练和日常活动,以防止继发性损伤或功能退变。但在运动前治疗师应做好各项检查,以评估运动治疗的安全性。运动干预不应导致疼痛加重,更不应该引起运动损伤部位异常的关节或骨骼移位。主动或辅助的运动治疗对部分患者颈背部疼痛有比较理想的效果,尤其是患者早期持续卧床引起的颈部僵硬,通过运动治疗很快就会显现出效果。热敷、针灸、推拿、理疗等技术应用于感觉受损区域时也应谨慎选择,治疗期间应密切关注患者病情变化。

**2. 慢性颈背部疼痛** 颈背部疼痛超过 3 个月基本上就意味着该疼痛已经发展成慢性疼痛,除非有病史和检查证据可以证明有新的机体组织结构损伤或炎症等。针对亚健康人群的《临床慢性疼痛治疗指南》推荐的方法适用于此类患者,但在某些方面还需要参考相关人员的意见,尤其是手术医生。因为脊柱创伤后的手术治疗本身也可能会引起一些不适或疼痛,这在颈部或腰骶部脊柱手术的患者中更加常见,这可能和这两处的神经根有明显的交叉融合而组成几组神经丛有关。《临床慢性疼痛治疗指南》基于高质量的医学研究证据总结而成,指南建议患者接受最小程度的被动干预措施,如推拿、针灸、物理因子治疗,被动或辅助活

动，树立良好的信心，积极主动地回归到“正常”的日常生活活动中去。但指南不建议对患者进行频繁的体格检查，尤其是那些比较详细、比较冗长的评估，除非很有必要。因为反复的检查带来的疼痛会引起患者各种躯体的和心理的负面反应。指南还强调，试图对肌肉骨骼系统的疼痛做出精确的诊断有时是没有太大意义的，反而不如早期有效缓解患者的恐惧和紧张心理，提供一些心理安慰和鼓励，并逐步参与日常活动更加有意义。虽然目前尚没有相关的医学指南建议对脊髓损伤患者进行系统的评估，但至少有一些临床研究已经证明鼓励脊髓损伤患者积极参与活动对减轻慢性疼痛有积极的意义。

**3. 高位脊髓损伤患者的肩痛问题** 肩痛在四肢瘫患者和脑卒中患者中都是常见的并发症，可能和环肩部肌肉失神经支配处于低张力状态、失去保护功能或容易因受到牵拉或撞击损伤有关。由于起有效稳定肩关节作用的肌肉大多受 C<sub>5</sub> 和 C<sub>6</sub> 神经平面支配，所以脊髓损伤肩痛通常发生在 C<sub>5</sub> 及以上的四肢瘫患者身上，发病率在 45%~60%。

关于四肢瘫和脑卒中患者肩痛的原因还有很多说法，包括**肩关节半脱位（Shoulder Subluxation）**、护理不当、长时间坐和躺姿势、肩关节活动受限等。关于肩痛和这些因素的相关性研究不多，对于预后研究也没有足够的文献支持，但每一种因素却都有其理论依据。因此，无法判断哪一种因素是最重要的，同样也无法判断哪一种治疗方案最具指导性。

（1）肩关节半脱位：肩关节疼痛可能是由于盂肱关节周围脆弱的软组织受到过度牵拉致关节向下半脱位所致。肩关节半脱位的趋势可能因肩胛骨下沉和内旋而加剧。从运动学和生物力学的角度分析，肩胛骨下沉和内旋会改变关节盂和肱骨头原来的位置关系从而增大肩

关节半脱位的趋势。前锯肌瘫痪和菱形肌紧张性下降都是使肩胛骨内旋的原因。肩胛骨内旋时肩关节盂下唇缘的下降减小了肩胛骨对肱骨头的支持和保护作用，上肢自身重力作用会对有稳固关节功能的软组织起到明显的牵拉作用。另外，照护者和治疗人员错误的操作方式可能会进一步加重肩关节半脱位而引起疼痛，如照护者牵拉患侧上肢把患者从床上卧位拉坐起来、治疗师给予肩关节较大范围的被动运动等都会导致肩关节松弛或撞击而出现疼痛。有关肩关节半脱位和疼痛之间的关系从 1957 年以来就一直是大家讨论的焦点，但仍然只是推测，且颇具争议性。

近年来，临床研究重点是寻求预防和治疗肩关节半脱位最有效的方法，这些临床试验大多是针对脑卒中患者而不是脊髓损伤患者进行的。一些研究认为给肩部提供有效支持和保护可以减少半脱位的发生，但对疼痛缓解作用不大；另一部分研究则认为支持和保护对缓解疼痛有效，而对半脱位无效。一项系统回顾性研究发现尚无足够的证据可以证明肩关节支持用品能有效预防肩关节半脱位，但有效的支持却可以延迟肩痛的发生。所以，尽管存在一些争议，我们还是建议患者坐在轮椅上时使用头枕、肩托、肩悬吊带或托板等用具给肩部提供有效支持。

对三角肌和冈上肌定期进行电刺激治疗也可以防止肩关节半脱位和疼痛。然而，这只在脑卒中患者身上证实。对脑卒中患者，电刺激可以当作一种训练性刺激，有助于肩部控制能力和力量的恢复。四肢瘫患者运动恢复预后较差，对电刺激干预的反应可能较弱，所以脊髓损伤患者需要进行长期电刺激治疗，也具有较大的局限性。

提高患者三角肌和冈上肌肌力对预防肩关节半脱位或肩痛有积极的意义。同时斜方肌



和肩关节前屈、后伸力量训练似乎也有一定的帮助。但肌力训练对肌力恢复或提高的程度因受神经瘫痪程度的影响而受限，外伤性脊髓损伤患者若骨折椎体临近的神经根受累则更是如此。颈髓损伤患者的体能较差，肌力训练进展缓慢且提高程度有限（如肌力 1~2 级的患者），缓解肩关节半脱位和疼痛的效果因此就会受到一定的限制或者更加难以预测。

（2）不当的肢体被动活动可致肩痛：肩痛还可能源于照护者或治疗师对上肢不当的被动活动。由于肩周各处肌肉部分瘫痪，张力分布不均，被动运动上肢时，周围肌肉无法提供有效的保护。同时，肩胛骨的运动也无法按照正常的运动节律适应肱骨头的转动，尤其是外展运动中，在肱骨被动外展过程中肩胛骨不能提供与之相适应的转动，肩关节盂上唇不出现有效抬升就会和转过来的肱骨大结节产生碰撞，同时也可能会对关节囊或滑囊等软组织产生挤压作用。这些因素综合作用引起肩关节被动活动时异常疼痛。肩胛骨周围肌肉若出现痉挛或因其他因素导致的继发性活动受限会使肱骨被动运动时出现疼痛的概率提高。同时，反复的被动活动和（或）牵拉还有可能导致其他软组织的牵拉伤。日常生活中要注意，照护者给患者穿衣服时，尤其在患者坐位情况下，肩胛骨会因姿势平衡和上肢重力的影响难以贴在胸壁上滑动，被动抬起上肢过高或大范围旋转肱骨都可能会造成对冈上肌腱的碰撞或关节囊损伤。此外，牵拉患侧上肢把患者从卧位转换到坐位更是导致肩关节周围松弛和疼痛的又一重要诱因。

预防高位脊髓损伤患者肩痛最好的方法就是对患者、照护者和家属进行康复知识宣教，尤其是患者本人一定要意识到在完成其他任务的时候注意保护肩部。凡是参与患者临床和生活的人都应该树立良好的保护意识，务必注意

在转移、翻身或日常生活活动中对肩部的保护。国外研究认为，转移患者时使用电动转移设备可以减少肩痛的发病率。此外预防肩关节挛缩也很重要，如早期就开始强调对肩关节正常体位的维持、肌张力或痉挛出现后对关节进行适度的被动活动和持续牵伸等会减少肩痛的发病率。

（3）过度使用可导致肩痛：脊髓损伤后患者下肢活动能力下降，日常大量活动都需要上肢替代，这对上肢相对弱小的关节或肌肉来说负担太大，不管是康复训练还是日常生活活动都会引起关节或肌肉因大量集中的过度使用而引起急性或劳损性疼痛。过度使用导致的肢体疼痛主要发生在两种情况下，一种是在早期康复锻炼期间，另一种是在独立工作 or 生活期间。

脊髓损伤早期康复训练过程中需要对残留的肌肉进行密集的力量和耐力训练，大强度的训练可能引起局部肢体的疼痛，这种疼痛以酸痛为主，是负荷训练后常见的机体反应性疼痛。关节痛也可能出现在早期康复阶段。如 C<sub>6</sub> 脊髓水平瘫痪的患者屈腕屈指肌力丧失，转移训练时上肢支撑的主要着力点在手掌根部，并且腕关节处于大角度伸展位，手腕掌侧受到牵拉而背侧受到挤压，这种关节角度融合了挤压、牵伸、剪切和扭转等多种不均衡的受力，会引起腕部严重疼痛。解决因这种原因导致的疼痛的最好办法是休息。但由于某些轴向上相拮抗的肌力存在极度不平衡，自由休息位并不能获得较好的效果，有一定限制作用的绷带或夹板固定效果较好。在急性疼痛缓解后患者需要逐步进行适应性训练，此时最好继续使用护腕、绷带等提供支持或保护；也可以使用小沙袋或软垫等辅助具置于掌根处缓和手腕背伸角度来减小关节承载负荷。



脊髓损伤患者在独立生活期间对功能完全保留或部分保留的肢体或肩、肘、腕等关节的使用较常人更为频繁，这些关节因为周围肌力不均衡，局部肌肉、肌腱或韧带长期受到过度牵伸导致保护作用降低；再加上长期过度承重，都会导致关节疼痛。另外，独立驱动手动轮椅的患者屈曲肩关节的动作频繁，三角肌前部需要较大负荷的收缩，长期的结果是该肌肉出现劳损性疼痛，称之为**过用综合征（Overuse Syndrome）**。同时肘关节和腕关节相关肌群也可能出现劳损。已经有研究发现脊髓损伤患者肩关节因驱动轮椅引发的疼痛发病率较高，尤其是四肢瘫患者。资料显示脊髓损伤患者肩痛的发病率高达30%~50%。类似的问题还常见于肘关节，尤其是肱三头肌瘫痪的患者更容易发生，下肢关节则以膝关节为主，偶发于踝关节和髋关节。

过用综合征的发病机制目前尚存广泛争议。肩关节疼痛的发生常被单纯地归咎于运动时肩峰下软组织受到侵袭，侵袭主要发生在肩关节解剖结构变化或某些运动情况下，某些导致肩峰下隙软组织反复摩擦的重复性动作同样是引起这个问题的原因。

有关导致肩关节过用综合征以及疼痛的理论分析要求我们在治疗前对不同的功能性运动如驱动轮椅、轮椅减压、床椅转移，以及一些简单的日常生活活动如梳头等进行运动生物力学和人体工效学分析，以明确引起疼痛的具体原因，寻求更加简单、合理、有效的解决方案。有些辅助器具对预防肩关节过用引起的疼痛有一定的帮助，如进食用的长柄调羹有助于减少患者主动进食动作中的肩关节活动角度和上肢运行距离，摇杆式轮椅驱动器（见第十四章）或许可以避免肩关节后伸较大角度。近年对过用综合征的研究成果逐渐增多。有研究者认为预防性肌力训练和关节牵伸有重要意义，特别

是加强肩关节的外旋肌肉的训练，可以恢复四肢瘫和高位截瘫肩关节肌肉部分受累患者的肩周肌力之间的“平衡”。针对内旋肌的牵伸对疼痛治疗也颇为有效。对于过用引起的疼痛有很多治疗方法，但目前大多都是基于对疼痛的病因学分析，尚未经临床试验验证，所以这些治疗方法的有效性尚有待验证。可以确定的是，经过大量的临床观察发现，超声治疗对大部分肌肉骨骼系统的疼痛是无效的。

治疗过度使用引发的疼痛最适合的方式就是避免过度使用，尤其需要避免大量重复和异常费力的动作。另外，要避免肩关节进行可能加重撞击冈上肌腱的运动，如手举过头顶的动作。需要明确告知或为患者提供良好的建议，以减小关节活动对关节本身和周围软组织的应力。例如减少患者转移的频率和次数，简化转移的复杂程度，优化轮椅驱动方式，减少步行和轮椅驱动次数等。要做以上改变可能需要配备一些新的器具，或者对患者的居住和工作环境进行适当的改造。例如有一定步行能力的颈髓损伤患者可能会选用手动轮椅，如果给患者提供可以安全步行的下肢支具、助行器以及平坦的地面环境，患者独立驱动轮椅的机会就会少一些，或许可以避免发生肩痛。同样，颈髓或上胸髓损伤的患者可仅在较小环境下使用手动轮椅，而在远距离行进转移时尽量使用电动轮椅。一般来说，患者不太情愿通过改变他们目前的生活方式来预防那些可能会发生的潜在风险，因为有些改变可能会降低他们当前的独立生活能力。还有一点非常重要，那些试图减小肩痛发作可能性的建议和策略可能会限制、减少或不鼓励患者的肢体活动，但这些活动，尤其是可耐受的较大强度，或者有氧活动对维持患者的健康却非常重要。

## 第六节 疼痛治疗策略

脊髓损伤后的疼痛治疗相对比较困难，尤其是涉及心理问题时，单一治疗手段往往收效甚微，需要综合应用药物、物理治疗技术和心理支持等手段才能取得较好的效果，甚至有些患者还要借助药物注射或手术治疗。

急性期疼痛多基于病史询问和常规检查的结果选择相应的治疗手段。有文献报道，脊髓损伤后2周内源自肌肉骨骼系统的疼痛比例高达66%，随后逐渐下降，6个月时的比例降到40%左右。神经病理性疼痛少数在损伤后数天开始出现，多数于半年内出现。神经病理性疼痛的出现和患者对预后的期望有一定的关系，但尚无数据支持。神经病理性疼痛特点比较突出，一般情况下这种疼痛的部位比较固定，偶有变化的案例，并且疼痛的性质和程度不随肢体位置和时间而变化而改变，故有人认为应该提倡急性期干预。

发生于肌肉骨骼系统的伤害感受性疼痛最好在明确诊断后再采用最恰当的方案治疗，以免在转为慢性疼痛（Chronic Pain）的过程中对患者的心理造成严重的影响。伤害感受性疼痛多有明确的原因，详细的检查有助于明确诊断。对有明确伤害源的疼痛进行药物和物理治疗都能获得良好的效果。但对肌肉骨骼系统的创伤性疼痛，在进行物理治疗的同时需注重肌力和肢体柔韧性的训练，这些能力的提高对该处的长期保护和预防复发有极其重要的作用。

慢性疼痛患者可能会出现心理上的问题，因此在治疗时应考虑应用抗抑郁药物和缓解抑郁心情的交流技术。尤其是对脊髓损伤这样巨大创伤的患者来说，这种策略显得更加重要。慢性疼痛患者往往已经尝试过多种治疗方法，一般对治疗的信心有所下降，甚至有患者对任何治疗都抱着怀疑、排斥的态度，对这种患者

的治疗策略必须要从心理干预入手。如果疼痛源于肌肉骨骼系统，从生物力学和运动学角度的分析，改变患者生活习惯可能会起到理想的效果。

脊髓损伤患者使用镇痛药物的范围比较广泛，但药物使用的针对性和准确性还缺少相关的研究依据，并且还有较多的镇痛机制尚不明确。因此，药物治疗的有效性较低，仅为22%左右。镇痛药物分为阿片类和非阿片类，脊髓损伤患者一般使用非阿片类镇痛药，包括非甾体抗炎药、肾上腺素能受体激动剂、抗抑郁药、抗惊厥药等。效果不理想的情况下可考虑选择使用阿片类药物，如吗啡、可待因、曲马多等。但对神经病理性疼痛，以上药物治疗作用都不是很理想。

随着人们对药物使用的认识加深，物理疗法因其副作用小、容易接受等优点在疼痛治疗领域的地位逐渐上升。治疗脊髓损伤后疼痛常用的物理疗法包括运动疗法、针灸、推拿和物理因子疗法，另外还有心理疏导技术等。

针灸止痛的有效性已经得到众多研究的验证。动物实验表明针刺治疗可以增加脑脊液中内啡肽的浓度。另外研究发现纳洛酮可以抵消针刺的镇痛作用，这进一步说明针刺的镇痛效用与内啡肽阿片受体机制有关。

有学者发现针灸治疗脊髓损伤患者疼痛的效果在不完全性脊髓损伤患者身上体现得更加明显。可能因为完整的初级传入纤维是保证脊髓水平和脊髓上水平释放内啡肽和激活下行性抑制疼痛的基本条件，因此建议在感觉功能存在区域进行针灸治疗。也有资料显示，针灸对神经病理性疼痛也有一定的疗效。

推拿是临床治疗疼痛最常用的自然疗法之一。虽然有关推拿治疗疼痛的机制尚未明确，但闸门控制学说似乎可以部分解释推拿治疗疼

痛的机制。轻柔地刺激兴奋低阈值压力感受器，源自于此的输入性信号可关闭疼痛闸门而起到作用；而强度较大的刺激可能会激活脊髓上行调控机制，推拿诱导的传入信号会抑制或削减疼痛信号的传入。这可以用来解释患者在疼痛时多期望家属或照护者给予其按摩的现象。临床观察同样证明推拿治疗伤害感受性疼痛、神经病理性疼痛或者混合型疼痛都有良好的效果，但不可排除接受推拿按摩时患者的心理作用对止痛的作用，且有人认为心理作用可能占主要地位。

物理因子治疗用于脊髓损伤后的疼痛治疗效果明确，热疗、冷疗、超短波、经皮神经电刺激、硬膜外脊髓电刺激、深部脑刺激等都是常用的治疗技术。闸门控制学说和内源性阿片学说是电刺激镇痛的主要机制。经皮神经电刺激技术使用广泛，是接受度较高的急慢性疼痛治疗技术。硬膜外脊髓电刺激和深部脑刺激具有侵入性，临床应用较少，但治疗效果明显，尤其适用于严重疼痛的患者。

## 第七节 心理社会因素在慢性疼痛中的作用

心理、社会和环境因素无论是在增加或是减少患者疼痛认知上都起着关键的作用。对脊髓损伤患者来说，**心理社会因素 (Psychosocial Factors)** 能预测超过 50% 的慢性疼痛的变化趋势，而且基于心理社会因素对慢性疼痛严重程度的预测也比单纯依据物理因素更加敏感，尤其是心理应激（如抑郁、焦虑、生气）和疼痛程度增加的相关性。至今尚无关于疼痛和种族、教育以及损伤原因之间关系的研究报道。心理社会因素对脊髓损伤患者伤后疼痛的巨大影响突出了心理医生或心理治疗师参与治疗脊髓损伤患者复杂性疼痛问题的重要性和迫切

性。临床实践已经证明应对策略和社会支持在慢性疼痛治疗中的作用，认知行为疗法在慢性疼痛治疗中取得的良好效果也证明了心理治疗的有效性。心理治疗对减轻伤害感受性疼痛和神经病理性疼痛均有明显的效果，而且不会带来药物治疗类似的不良反应。在疼痛治疗的过程中，物理治疗师需要清楚的问题是要确保其干预、评估方法和治疗措施与针对疼痛治疗的行为和心理-社会-医学模式形成良性互补。

针对这种疼痛的治疗方法主要有生物反馈技术、放松疗法、音乐疗法、行为疗法等。生物反馈、放松疗法和音乐疗法的核心是分散患者的注意力并放松紧张的肌肉，心情的放松可缓解中枢神经系统的敏感状态，解除大脑对疼痛的注意以及有由虑引起的下行抑制作用。放松疗法借助舒缓的音乐背景，让患者排除杂念，引导其逐步放松各处肌肉，在清静和精神环境中分散原本集中于疼痛的注意力。行为疗法在战略上重视疼痛，但在战术上直接引导患者从疼痛的不良情绪中走出来，忽略其对疼痛的描述和抱怨；以各种正面的语言、表情和肢体活动来鼓励患者尽可能多地增加肢体活动，并逐步降低药物使用量，改善患者的功能状态。

虽然国外有明确的研究结论表明心理治疗对缓解脊髓损伤患者疼痛有明显的效果，并且这对改善患者参与日常生活活动的积极性也有积极的意义；但目前国内临床康复医疗工作中心理医生参与较少，主要由医生和治疗师兼顾患者的日常心理疏导工作。这种实质上形成的综合治疗模式对疼痛缓解有一定的作用，但国内尚无这种方式与有心理医生参与的治疗效果比较的研究报道。

（许光旭 张明玉）



# 第十二章

## 关节挛缩的防治

关节挛缩（Joint Contracture）是脊髓损伤患者常见的并发症之一。关节挛缩有两大类诱发因素。一是非神经性挛缩，主要是因为关节内或关节周围的软组织粘连或结构缩短所引起的该关节活动范围受限，常见于骨骼、关节、皮肤、肌肉系统损伤、神经损伤后长期制动、固定姿势和缺乏关节活动所导致的继发性关节功能障碍。二是神经性挛缩，主要是因为上运动神经元损伤后肌张力增高或痉挛长期作用使关节固定于某一体位下，不仅会引起非神经性组织挛缩，而且因失神经控制而发生痉挛的肌肉也会发生明显短缩的现象，两者共同作用会导致关节活动快速下降，且挛缩方向和优势痉挛方向一致。神经性挛缩最突出的特点就是有关节阵挛或速度依赖性牵张反射增强等痉挛迹象。

### 第一节 关节挛缩发生的机制

正常情况下关节内、外结缔组织处于胶原与其他细胞外基质分解与合成的动态平衡状态，这种平衡维持着组织正常功能所需的组织结构和生物力学特性。当关节功能发生显著改变时，作用于关节内、外结缔组织的应力负荷非对称性地增加或减少，组织将发生形态学、生物力学和生物化学的一系列改变。Frost 等将这一现象称为“结构对生物力学的适应”。

正常情况下人体关节周围结缔组织主要承受张应力。如果关节在某一方向上组织短缩

位长时间固定，作用于缩短组织的张应力被消除，该组织即会发生挛缩。肌肉痉挛（Muscle Spasm）就会对影响关节有张力优势，也就是关节张力较高一侧的软组织的挛缩有促进作用。Woo 等认为在关节长时间固定过程中，关节周围结缔组织中蛋白多糖和水分丢失，导致胶原纤维分子内和分子间新的交联形成，组织的可延展性下降。另外一些学者认为结缔组织因收缩而短缩，已从挛缩韧带中的成纤维细胞中分离出收缩蛋白 - 肌动蛋白。也有学者认为结缔组织收缩主要是由肌纤维母细胞介导的，这是结缔组织中类似平滑肌细胞的一种细胞成分。关节活动度受限的另一个重要原因是粘连形成。粘连是组织间渗出或损伤后的瘢痕组织形成所致。在短缩位置长时间固定的肌肉也会发生形态改变，肌节数目减少，肌肉组织短缩。

### 第二节 关节挛缩的影响

关节挛缩会显著影响关节的活动范围，引起关节畸形，再加上关节周围运动装置的病理变化或生理性退化，共同作用而妨碍患者的主被动运动功能。脊髓损伤患者关节挛缩主要有以下几个方面的影响。

#### 一、肌肉痉挛及萎缩

痉挛肌肉会出现不随意的收缩，影响患者姿势的稳定性。痉挛本身会限制肌肉主动运动，并且会使关节长期固定于关节优势张力方向的位置



上,优势张力的肌肉缩短,关节处于痉挛性短缩位。关节周围肌肉无主动随意运动功能,血液循环不良,肌肉出现失用性或营养不良性萎缩。

## 二、关节挛缩畸形

由于关节周围肌肉不均衡张力的影响,患者可能将肢体长期置于某种体位下,造成关节周围组织纤维化、结缔组织胶原纤维增生、软组织结构破坏、关节软组织性挛缩及变形、关节活动度减小。脊髓损伤患者屈髋肌或因长



图 12-1 右侧髋关节屈曲挛缩

## 三、主动活动减少

因肌肉痉挛、关节挛缩等因素的影响,患者会大大减少瘫痪肢体或全身的主动活动。关节挛缩会增加患者参与主动运动的难度,而痉挛可能会增大运动难度或严重影响患者主动运动时的安全性。例如,屈髋肌或腹肌痉挛的患者在站立时会因痉挛的发生而跌倒。因此,在运动能力受到严重限制的情况下,患者往往会因为这些因素带来的身体不适和恐惧心理而拒绝主动运动。

## 四、疼痛

脊髓损伤患者常发生神经性疼痛,而肢体挛缩往往发生在损伤平面以下。理论上说完全性脊髓损伤患者因失神经控制不会发生明显的疼痛,但不完全性脊髓损伤患者的疼痛可能

期坐姿生活、工作、学习而又很少进行牵伸,发生髋、膝关节屈曲挛缩的概率较大(图 12-1),屈曲挛缩的髋、膝关节会影响患者站立功能和步行功能。高位颈髓损伤患者受上肢屈肌张力的发展以及其在卧位和坐位上肢体位不正确的摆放等因素的影响,手指各关节、腕关节、肘关节和肩关节等都容易发生挛缩(图 12-2),不仅影响关节功能、引起疼痛,还会影响皮肤卫生清洗,造成皮肤腐烂破溃或者感染等问题。



图 12-2 C<sub>6</sub>和C<sub>6</sub>平面损伤的四肢瘫患者可能会发展成肘关节屈曲、腕关节背伸、拇指内收和手指屈曲的上肢挛缩畸形状态

出现在损伤平面以下的任何部位,尤其是有关节挛缩或痉挛的部位。发生疼痛的患者可能会拒绝活动,严重者甚至会出现心理问题。

## 五、其他

挛缩和痉挛不仅会导致关节畸形,还会引起骨质疏松、压疮、心理抑郁和睡眠障碍等。最重要的是,关节挛缩和肌肉痉挛可能会严重影响患者生活活动,甚至会导致一些风险。

虽然关节挛缩会给脊髓损伤患者带来以上诸多不利的影响,但有些组织适度的挛缩反而对患者维持一定的功能有良好的帮助。跨关节或多关节的肌肉延展性部分降低对躯体功能保持有一定的促进作用。例如,颈髓损伤患者的腓绳肌轻度的挛缩有利于长腿独立坐位姿势的维持,既不会使患者因腓绳肌过度短缩而

出现向后倒下的危险，也不会因腓绳肌过度松弛出现向前趴下而无法保持直立坐姿的情况。同理，C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub> 颈髓损伤患者手指屈肌腱适度的挛缩有利于他们使用腱效应来实现简单的手抓握功能。

对于有关节挛缩的患者，在制订康复治疗计划过程中，需非常清晰地厘清挛缩肢体与维持关节活动范围和主动参与目标活动之间的潜在关系。在上述例子中，髋关节屈曲挛缩与站立平衡和步行功能相关，腓绳肌与长腿坐位平衡相关，手指屈肌腱与抓握功能相关；因此应该对类似的关节挛缩的方向和程度有一定的预判，要结合相关肌肉痉挛的状态进行分析，对挛缩控制的目标应该朝有利于实现功能促进的方向上努力。同时，在制订康复计划的过程中，对挛缩的发展趋势进行准确地预测是一项非常重要的工作。康复计划就是针对可能发生的挛缩采取适当的预防措施，以及对已经出现挛缩的关节进行治疗，不仅要采取措施尽快恢复其关节活动范围，还要保持关节柔韧性，避免因关节挛缩而影响患者主动参与活动的积极性。

### 第三节 关节挛缩的评估

关节挛缩最突出的临床特点就是关节活动范围缩小，所以对关节挛缩的评估通常也是采用测量关节活动度的方法予以量化。评估关节挛缩的主要目的是确定挛缩的程度和分析导致挛缩的原因。并且，评估需定期进行，根据不同情况采取不同的措施。在对有跨双关节肌肉影响的关节挛缩状态进行评估时，首先应确保其中一个关节处于适当的位置，一般是中立位，然后再进行关节挛缩程度的评估。如在膝关节屈曲状态下通过评估髋关节屈曲角度和髋关节被动屈曲运动的难易程度来判断髋关节伸肌的

挛缩情况。在膝关节轻度屈曲位时，做髋关节被动伸展运动评估屈髋挛缩情况，该过程中膝关节处于自由体位，不限制其在被动活动过程中的屈伸活动；而在髋关节屈曲位下被动伸展膝关节则可以反映出腓绳肌是否有合适的延展性。同样，可以用腕关节和手指被动伸展动作来评估手指屈肌的挛缩或痉挛状态。

神经性挛缩和非神经性挛缩的病理机制差异很大，临床治疗措施也有显著的区别。因此，对挛缩的原因做好鉴别是非常重要的工作。一般的抗痉挛处理主要用于神经性挛缩，很少用于非神经性挛缩。但在实际工作中，我们遇到的挛缩通常是由两种因素共同造成的，且很难区分主导因素。检查患者体征时若发现有阵挛或速度依赖性牵张反射增强等迹象，则说明该挛缩可能是以神经性因素为主导的。当痉挛不是关键因素时，非神经性挛缩基本可以确立，因关节周围组织因素导致挛缩的关节活动范围比较容易重复测量。一般来说，持续 2~3min 的被动关节牵引可以抑制痉挛，但唯一能够确定神经性挛缩的方法是进行诊断性药物阻断。当对患者整体或痉挛肢体局部进行神经阻断后（如当患者处于麻醉状态时），所测量的关节被动活动范围可部分反映关节挛缩程度。目前，虽然针对挛缩或痉挛的临床治疗效果尚存在一些争议，但还是有一些标准化的治疗措施可以提供给我们使用。

### 第四节 关节挛缩的预防和治疗

#### 一、牵伸和被动活动

物理治疗师预防和治疗脊髓损伤患者关节挛缩最基本的方法包括牵伸和被动活动。对有关节挛缩的脊髓损伤患者，物理治疗师会对受累关节进行 2~10min，甚至更长时间的常规牵伸和被动活动治疗。也有人把被动活动和牵伸

治疗普遍用于其他治疗项目之前，以提高顺应性。这种医疗干预是劳动力密集型治疗手段，一般在患者可以积极参与治疗后不再提倡使用，而是一边治疗一边教会患者自我牵伸（Self Stretch），并教会患者在牵伸过程中的自我保护方法。这不仅可以有效地解决患者肢体的医疗问题，还为将来患者回归家庭、回归社会提供必要的自我康复知识教育。

许多研究者发现在持续张应力作用下关节周围结缔组织会适度延长，这也是牵伸可以有效预防或减轻关节挛缩的理论基础。Frost 认为不同组织都存在一个“最小有效牵张应力”，当作用于结缔组织的张应力超过这一水平，组织将发生生物再塑形，这就是牵伸可预防或减轻关节挛缩的生物学机制。在张应力的持续作用下，关节周围结缔组织内胶原和其他基质成分合成增加，胶原纤维按张应力的方向排列，组织延长，抗张力强度增加。肌肉在张应力的作用下，肌节数目增加，肌肉长度延长。关节周围组织的再塑形易与其他原因所致的短暂性关节活动度增加相混淆。由于关节周围组织是黏弹性材料，它们具有蠕变、应力松弛和初预状态等力学特点。当非损伤性负荷（在弹性范围内）施加于组织，无论是静态，还是周期性负荷，组织将发生短暂拉长（蠕变、初预状态）或维持特定拉长状态所需力量减少（应力松弛）。这种现象在短时间内发生，一般在牵伸数分钟后开始出现。组织长度维持时间的长短主要取决于组织黏弹性成分的含量，但这种改变在撤除纯机械性外力后难以持续。所以，牵伸对挛缩的治疗作用暂时尚未明确。使用矫形器可长时间对组织持续施加较大的张应力，引导组织重塑形，获得稳定的组织延长。

虽然临床研究支持被动活动（Passive Movement）和牵伸的疗效，但仍缺少相关基础科学证据。目前还不能确认的问题是被动活动

和牵伸治疗措施是否真的有效、牵伸产生满意疗效所需的时间以及被动活动的频率等，这些都缺乏确切的研究数据，至少在针对不同挛缩因素所要达到最佳牵伸效果的力矩要素上没有统一认识。还有，被动活动和牵伸方式对神经性因素或者非神经性因素导致的挛缩哪个更为有效？这些问题至今尚未有确切的研究结论，需要进行深入的研究。

动物实验结果发现被动活动和牵伸技术对预防和治疗关节挛缩是有效的。研究发现软组织长时间制动会产生变异，尤其是缩短体位固定。研究人员将兔子的踝关节固定在跖屈位 10d（跖屈肌缩短位），发现比目鱼肌肌腱比休息位固定缩短了近 10%，踝关节活动范围明显减小。关节挛缩与肌肉、肌腱在制动状态下肌节数量减少、胶原质的长度和排列改变、黏多糖的浓度减少相关。而长时间持续性牵伸可以预防和逆转这种因制动造成的结构和形态学上的变化。用石膏绷带对动物的关节进行长时间静态牵伸，这种牵伸可以提供足够时间和足够强度的拉应力使软组织进行重塑。类似的结果还被发现于失神经控制的肌肉上，只是类似反应速度比较慢一些。

虽然动物研究显示持续牵伸（Sustained Stretching）能够预防或逆转因制动带来的软组织短缩变化，但短时间牵伸的效果目前还不清楚。已经报道的有确切疗效的短期牵伸主要来自于老鼠实验。研究发现每天进行 15min 的牵伸可以部分预防踝跖屈肌缩短位制动时肌节的流失，每天进行 30min 的牵伸则能够完全预防肌节的流失，而每天少于 15min 的牵伸的效果尚未知。动物实验的结果需谨慎解释，动物肌肉对牵伸的反应比人类快，15min 的牵伸可以预防小动物跖屈肌肌节流失，但未必可以在脊髓损伤患者身上产生同样的效果。

大量临床试验研究了机械牵伸对不同人群



软组织延展性的影响,但大部分都是针对健康人群实施的,其中所涉及的两个方法论问题也限制了诸多试验的可信度。第一,大部分实验的评估是在牵伸干预后不久进行的,而此时评估的结果更多地反映因牵伸所致的黏性松解效应,无法有效地证明牵伸能够改善软组织的延展性和导致组织结构重塑,更无法证明此举能有效预防和治疗关节挛缩。第二,大部分的试验测量关节活动度时都没有设定力矩标准,而这恰恰是对被动活动关节力度标准化处理的最优方法,只有在恒定的力矩作用下关节活动范围改善才能说明疗效是确切的。因此,它们无法区分是软组织延展性的潜在改变,还是患者对被动牵伸耐受力的改变。

国外同行已经开展针对脊髓损伤患者牵伸效果的随机试验研究。研究对脊髓损伤患者的跖屈肌、拇指屈肌或腓绳肌肌腱进行每周3~5次,每次30min,为期4周到3个月的持续牵伸。绝大多数研究结果支持使用标准的牵伸力矩,并支持在最后一次牵伸后至少1d时间再进行关节角度测量。但出乎意料的是所有研究结果都显示,持续牵伸对关节活动度的改善没有明显作用,其结果亦符合其他类型神经疾病的随机试验。

对以上研究所获得的消极结果,最可能的解释是物理治疗师所做的牵伸治疗可能不比包括使用抗痉挛药物和定时姿势变换等良好的日常护理获得的效果好。即便每天牵伸不会对关节挛缩和活动范围的改善产生明显的效果和作用,我们依然强烈建议不宜过早地给患者停止牵伸治疗。相反,关节牵伸应该尽可能地继续下去,且每天不少于20min。

## 二、持续牵伸

物理治疗师每天对患者痉挛肢体进行的手动牵伸很难超过10min,利用体位、矫形器等能较好地保证牵伸的时间和质量,所以要在牵

伸实施者和牵伸方法上寻找机会。由于导致关节挛缩的因素很多,有些问题并不能完全消除,因此患者出院后牵伸仍需继续进行,并且应该作为日常自我康复治疗活动一直进行下去。患者在院期间,如果有可能,希望物理治疗师尽量采取一些简单的、患者或照护者可以很容易操作的方法牵伸,为患者出院回家做好准备。预防关节挛缩的发展通常只需要简单处理就可以轻松实现,牵伸是最为重要且常用的一项措施。一般情况下,巧妙利用日常生活中使用的物品就可以完成牵伸工作。例如把双上肢分别置于轮椅两侧的桌面上就可以对肩关节后伸肌群进行持续牵伸。或者,把上肢置于内旋位,再用沙袋等压住前臂及肘关节处就可以持续牵伸屈肘肌群(图12-3)。直腿坐在床面上,双腿伸直、分开,身体前倾即可持续牵伸腓绳肌和髂内收肌群(图12-4),对臀后肌群和腰背部肌群也有轻度牵伸作用。借助带子或直接用手逐个牵拉小腿三头肌(图12-5)可预防跟腱挛缩,牵伸过程中需用另一手压住膝关节防止因腓绳肌紧张而屈起。这个动作对腓绳肌痉挛比较活跃的患者来说有一定的风险,最好背靠墙面进行,以免向后方跌倒,更不能坐在轮椅上牵伸。如果腓绳肌相对比较松弛,患者就可以屈身用手直接抓住脚掌牵伸小腿三头肌。但需要注意的是在做直腿牵伸时,需要排除或考虑患者是否有腰椎间盘突出等问题,这对不完全性脊髓损伤的患者尤其重要。垫上蛙状坐位可以对髋关节内收和内旋肌群进行持续牵伸(图12-6)。

对关节僵硬的患者,还可以使用渐进序列石膏对肢体关节进行持续牵伸。渐进序列石膏需每隔几日更换一次,在保持持续牵伸的基础上再逐次增加牵伸角度,多次更换石膏后大多可解决关节挛缩的问题。由于渐进序列治疗过程中除了有会妨碍患者功能独立、舒适性差、





图 12-3 牵伸肩后伸伸肘肌群



图 12-4 持续牵伸腘绳肌和髂内收肌群



图 12-5 借用带子或徒手牵伸小腿三头肌



图 12-6 蛙状坐位可持续牵伸髂内收、内旋肌群

固定费时费料、麻烦、不够清洁等弊端外，还可能会导致关节周围皮肤压疮或皲裂等风险，因此渐进序列石膏一般只用于严重或致残性关节挛缩。

自我牵伸是患者回归家庭和社会前就应该学会并掌握的技术和知识。学会自我牵伸是预防关节挛缩和痉挛管理的基本技能，而且对预防跌倒、提高运动控制能力、改善独立生活和操控器具的能力等都有积极的意义。脊髓损伤患者髂内收、内旋肌群是最常见的出现较大张力和痉挛的肌群，处理这一问题除了上述床

上蛙状坐位外，还可以将一只脚放到另一条腿上（跷二郎腿）对髂内收、内旋肌群进行牵伸（图 12-7）。四肢瘫患者手指呈屈曲状，可在坐轮椅上时借助手轮圈予以牵伸（图 12-8）。而掌指关节伸直位僵硬是常见的临床问题，这一问题的预防和治疗都可以在日常生活中解决。例如，患者坐在床面上，用近端指骨背面支撑于床面上，用力撑起身体的动作就是对掌指关节进行牵伸（图 12-9）。上述这些常用的牵伸方法应该最大独立程度地融入患者的日常生活中。



图 12-7 患者坐位下翘二郎腿以持续牵伸髂内收、内旋肌群

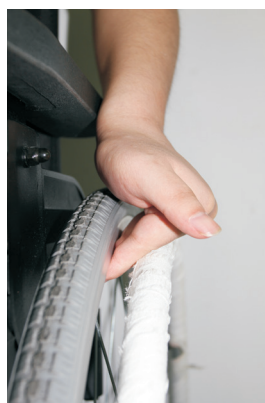


图 12-8 患者利用轮椅手轮圈被动伸展手指指间关节

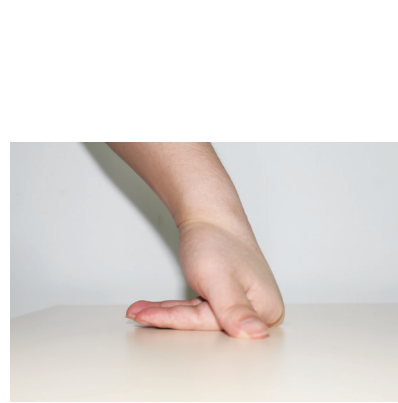


图 12-9 坐位转移时，用掌骨作为支撑面的方式可以有效牵伸掌指关节

### 三、被动活动

在预防关节挛缩方面，没有资料证明被动活动与牵伸哪个效果更好。有少量人体随机实验研究认为重复被动活动对预防关节内粘连和因制动引起的关节软骨退化有重要的意义。在相关研究能给出确切的指导意见之前，我们应该审慎地、选择性地进行关节被动活动，而不应针对每个关节进行。被动活动到底应该进行多少次？目前亦尚无准确的指导意见。但研究认为似乎每天少于 5min 的被动活动对关节没有多大治疗意义。在康复治疗过程中，物理治疗师必须评估被动活动的作用，以便获得更加明确的指导意见。

一般来说，被动活动应该施加于挛缩、疼痛好发部位，以避免因此影响患者独立生活能力。C<sub>5</sub> 及其以下平面脊髓损伤的患者手部小关节（掌指关节、指间关节、拇指腕掌关节等）、肩关节复合体（盂肱关节、肩锁关节、胸锁关节等）、肩胛胸壁关节等应该是被动活动的重点部位，下肢髋关节、膝关节和踝关节因各种原因发生屈曲挛缩的概率也比较大，同样是常规被动活动的主要对象。有研究认为，适当延长被动活动时间可能会比增大牵伸长度获得的收益更多。

物理治疗师为患者早期被动活动期间的碰触和规律接触能够给他们提供心理上的满足感和安慰感，因此带来的幸福感对患者的影响不能低估。但被动活动在其他方面的作用，如预防和治疗水肿、改善局部血液循环等作用却具有争议性。

### 四、非牵伸预防技术

关节挛缩的预防比较依赖于牵伸治疗技术，但也有一些非牵伸技术。这些技术主要包括徒手肌肉和软组织加压、关节挤压或牵拉、缓慢关节生理摆动、旋转、热疗、冷疗、电刺激、

生物反馈、水疗、振动、抗张力矫形器以及药物治疗等。虽然以上干预措施可能对神经性和非神经性关节挛缩有短暂的影响，但都难以对改善关节活动度有持续性效应。

## 第五节 关节挛缩的常见因素及预防策略

普遍认为挛缩的预防较治疗更容易得多。预防性治疗主要包括牵伸和被动活动，只要从早期就开始实施规律的预防措施，挛缩一般不会发生，低密度的牵伸即可维持组织的延展性。尽管这一说法的有效性尚未得到严格验证，但临床仍会强烈推荐给患者，让其进行预防挛缩的治疗和护理工作；尤其推荐患者使用简单有效的、可独立进行的活动或动作牵伸，用于较易发生挛缩的组织。例如，患者在早期卧床期间就应该使用辅助器具维持踝关节于 90° 位来预防踝关节跖屈挛缩（图 12-10），恢复期主动长腿坐位并身体前屈以牵伸腓绳肌以预防膝关节屈曲挛缩，俯卧撑起以预防髋关节屈曲挛缩等。挛缩预防要视患者的基本情况来决定牵伸的频率、牵伸的强度和時間等，这主要从导致挛缩的因素方面考虑。首先考虑的因素是相关肌肉的痉挛程度，痉挛程度越高，牵伸的频率和强度就应该越高，牵伸的时间也应该越高。其余因素还包括患者的主动活动能力、坐轮椅时间、卧位姿势等。



图 12-10 下肢中立位摆放预防踝关节跖屈畸形



预防挛缩最重要的工作就是通过分析各关节周围情况、患者活动能力和日常习惯等基本情况后给予正确的预测。临床工作中发现容易发生关节挛缩的关节往往都是因长期处于某种姿势才逐渐发生的，所以我们可以通过观察神经损伤性质、区域、肌肉痉挛程度、肌肉瘫痪程度、疼痛、水肿和患者习惯性姿势保持等情况来预测挛缩发生的概率。 $C_5$ 、 $C_6$ 平面损伤四肢瘫患者屈肘肌功能正常，而伸肘肌无力，患者在坐位姿势和卧位姿势下都长时间保持肩关节轻度外展、肘关节大角度屈曲姿势，这是导致肘关节屈曲挛缩的重要原因。坐位屈肘的原因是肱二头肌用力维持肘关节屈曲位以避免手



图 12-11 用小沙袋压手腕上可以持续牵伸屈肘肌

肩关节和髋关节内收肌均比较丰厚，痉挛常见且较重，故肩关节和髋关节内收挛缩预防



图 12-13 卧位下双臂外展固定可持续牵伸肩内收肌

患者主动活动对预防关节挛缩有明显的作

用，主动活动若是能实现全范围的活动则可大大降低关节挛缩的发生率。 $C_6$ 平面损伤四肢瘫患者虽然没有主动的伸肘动作，但通过几种运

碰触车轮或避免其他伤害，更重要的是要实现上肢基本功能。而卧位姿势下一旦患者肱二头肌用力完成屈肘动作后，就会因肱三头肌麻痹而难以伸展。这两个姿势下的共同作用促进了肘关节挛缩的快速发展。所以早期就应该开始进行相关预防工作，预防肘关节屈曲挛缩可在患者卧位时用一小沙袋压在腕部保持肘伸展位（图 12-11）。



图 12-12 坐位下用沙袋保持前臂旋后可持续牵伸旋前肌

工作非常重要，卧床期间维持关节外展姿势（图 12-13，图 12-14）即可。



图 12-14 卧床期间两腿间放置楔型泡沫垫或枕头等以持续牵伸髋内收肌

动技巧，每天完成多次支撑轮椅减压动作、驱动轮椅、独立或辅助转移等活动时，被动伸肘的动作可经常出现；相比相同神经节段损伤却完全依赖别人的患者就会很少出现肘关节屈曲

挛缩的问题。

脊髓损伤患者神经损伤节段和损伤程度不是影响关节挛缩的唯一因素，疼痛也在多种环节中对关节挛缩起着促进作用。一般情况下，疼痛会限制患者的主动和被动活动，患者为了避免疼痛就会将肢体长时间置于某一舒适体位下，而这种舒适体位往往是屈肌短缩位，这一体位下长时间固定就为关节挛缩提供了便利条件。拮抗肌瘫痪则会进一步加重这种挛缩的趋势，因为关节主动活动会更少，挛缩也会更容易出现。C<sub>5</sub>平面损伤的四肢瘫患者会因肩痛而使肩关节保持于内收内旋和周关节屈曲位，长时间保持会导致肩内收内旋位挛缩和肘关节屈曲挛缩。

脊髓损伤后，患者的肢体痉挛模式和痉挛程度也都是影响关节挛缩的因素。痉挛不仅直接影响肌肉的延展性，还会大大增加关节处于软组织缩短位的时间，两者共同促进关节挛缩的发展。例如，屈肘肌痉挛会使得肘关节长时间保持在屈曲体位下（神经性挛缩），这一体位又为肘关节周围的关节囊、韧带、肌肉、肌腱等软组织的挛缩提供了条件（非神经性挛缩）。同时，肌肉痉挛程度越重，保持肘关节伸直位的难度越大，肘关节屈曲位保持的时间就越长，屈曲挛缩也就越容易出现。但也偶有相反的情况出现，例如，有些 C<sub>5</sub>平面损伤的患者，可能存在上肢伸肌痉挛占优势的情况，这些患者肘关节出现屈曲挛缩的概率就会小很多。

## 第六节 预防和治疗挛缩需权衡利弊

对所有患者而言，最为理想的状态就是保持身体各个关节的全范围活动。然而现实生活却不允许那样做，甚至也根本无法达到这样的效果，尤其是高位脊髓损伤大面积瘫痪的患者。

工作经验告诉我们，即使在采取良好的预防措施、积极的康复治疗的情况下，很多患者不是会出现踝关节被动活动受限的情况，四肢瘫患者会出现指间关节屈曲挛缩的现象。既然挛缩如此难以避免，那么，我们是否应该考虑优先预防哪些关节挛缩才能帮助患者避免更大的损失或带来一些益处呢？一般来说，临床治疗应该有所偏颇，对重点关节优先做好挛缩预防工作是具有积极意义的。这就要求物理治疗师对各关节可能出现的挛缩、挛缩带来的影响，以及影响程度有足够的预测和判断能力。关节挛缩带来的影响主要因脊髓损伤平面和损伤程度而变化多样。理想的状态是预防任何关节的挛缩，因为有些关节即使仅有轻微的挛缩，其所带来的负面影响也可能是很大的。应该在早期就有充分的认识，并采取必要的预防措施。但临床上却还有一些关节的挛缩会给患者带来正面的影响，如 C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub> 颈髓平面损伤的患者，由于手部屈指肌无力，往往会借助主动伸腕和屈指肌腱的固有张力来实现被动抓握功能。因此，诱导手部屈指肌进行适度的、固定模式的挛缩对提高患者手部功能有积极的意义。

C<sub>5</sub>平面损伤患者的屈肘肌短缩一般不会影响其自身功能，因为他们几乎没有健全的肌肉可以借助来实现功能性活动。但同样的问题却会影响 C<sub>6</sub>平面损伤的患者，C<sub>6</sub>损伤的患者可以借助肩胛带肌的力量实现部分转移活动的独立性，这主要是有赖于肩关节内收肌群的力量对肘关节伸直的帮助作用和对身体的支撑作用。但这个动作只有在屈肘肌没有出现短缩的情况下才能实现。同样，踝关节屈曲挛缩对完全依赖轮椅的四肢瘫患者来说几乎没有明显的影响，但对有步行潜力的患者却影响很大，这将决定患者的步行功能能否实现。腓绳肌的紧张性对颈胸段脊髓损伤患者保持坐位平衡有积极的意义，适度紧张的腓绳肌有利于患者维持长腿独立坐位平衡，方便患者独立穿衣和转移，但过度的腓绳肌紧张却会影响患者独立穿脱裤



子和鞋袜。基于以上认识,临床工作中,我们应做好关节挛缩预防工作,或者适度促进某些关节挛缩的工作。但工作重点还是应该放在可能导致功能受限和影响生活质量的关节挛缩的预防上。

## 第七节 挛缩治疗应以改善功能为目标

康复治疗不是一味地通过各种手段来改善各关节肌肉的柔韧性;相反,在必要的时候,为了获得更多的功能性主动活动,我们还可能会降低某些肌肉的柔韧性。这种情况上文已经有所提及,如 C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub> 颈髓损伤患者的屈指肌已瘫痪,若屈指肌过度松弛,患者则无法通过代偿活动实现手的抓握功能,所以临床治疗会促进其合适的紧张度。同样,腓绳肌过度松弛不利于脊髓损伤患者维持稳定的坐位平衡,尤其是高位脊髓损伤患者,适当降低腓绳肌柔韧性,提高其紧张度,可使依靠腓绳肌被动张力

维持坐位平衡的患者不向前倾倒(图 6-2)。降低关节柔韧性最好的方法是给予大范围的牵伸,尤其是对髋关节肌肉和肌腱,要避免髋关节的共同伸展或共同屈曲运动,也应该尽量避免长时间将肌肉置于伸展位。

临床康复过程中,为了避免因腓绳肌过度松弛而无法维持稳定的坐位平衡,康复治疗过程中要避免床上无支撑长腿坐位,尤其要避免长腿坐位时躯干向前趴至胸部靠近大腿位置。C<sub>6</sub> 或 C<sub>7</sub> 脊髓损伤患者在独立转移过程中,手和手指撑在床面时的状态也应该予以注意,一定要避免全指张开支撑,而应该是手腕伸展、掌指关节伸展而指间关节屈曲位支撑,或者双手握拳,用拳的近端指骨背面接触床面支撑。临床上重新降低肌肉柔韧性的效果不明确,但有少量临床实验研究认为,这一过程比想象中要困难得多。所以,早期若能对相关问题予以准确预测,规避相关问题,对整个康复进程的顺利进行是有积极意义的。

(陈程 蔡可书)

# 第十三章

## 轮椅坐垫、轮椅及附件

轮椅是绝大部分脊髓损伤患者最重要的转移和交通工具，轮椅就是患者的“腿”。所以，为患者选择各方面性能合适的“腿”是非常重要的工作。合适的轮椅对患者“行走”、转移、工作、学习、运动、娱乐休闲以及提高心理素质等各个方面都有正面的影响。此外，合适的轮椅还有助于预防压疮、脊柱侧凸疼痛、骨关节病变和关节挛缩等问题。

在西方发达国家，致力于残疾人乘用设备研发与生产的企业较多，各式轮椅、坐垫、靠背和其他附件品种繁多，性能越来越优良。但国内的轮椅生产企业的研发尚有不足，多以普通轮椅为主，坐垫和靠背几乎处于无处可买的地步，这就给临床工作人员为患者推荐轮椅工作带来很大的困扰。在英国、美国、澳大利亚、加拿大、瑞士等国家和我国台湾地区，轮椅处方需由包括医生、医学工程师、物理治疗师、作业治疗师等组成的团队共同商讨才能确定。团队内不乏有人专门从事轮椅、[轮椅附件](#)（[Wheelchair Accessories](#)）、压疮管理、生物力学测量等方面的研究工作，他们对轮椅的研发有丰富的临床经验，会定期对患者使用轮椅的情况进行评估和检验。如果评估发现轮椅有不合适之处，会及时给予矫正，如轮椅部件调整、改造或更换，坐垫和靠背的调整或更换等，以免因产品使用不当带来不必要的伤害。

本章简要介绍轮椅和坐垫的重要特征，为患者选用轮椅、坐垫和其他轮椅附件，或

者轮椅改造等方面提供参考依据。本章第一节简要介绍几款常用的[轮椅坐垫](#)（[Wheelchair Cushion](#)），明确坐垫减压对脊髓损伤患者的重要性。第二节简要介绍几种常用手动轮椅以及相关轮椅附件对患者活动、坐位稳定性以及压疮等问题的影响。第三节简单介绍电动轮椅使用的相关问题。

### 第一节 轮椅坐垫

合适的轮椅坐垫对压疮有良好的预防作用，但坐垫的性能相对于每个人来说差异性很大，这和使用者的身体结构及习惯有很大的相关性。不同的臀部形状、不同的[肌肉萎缩](#)（[Muscle Atrophy](#)）特点、不同的臀部脂肪分布、不同的轮椅、不同的坐姿和习惯、不同的坐位平衡能力等都会影响患者的臀部压力分布，所以坐垫选择最重要的标准是合适，而不是品质和价格。正常坐位时，坐骨结节下组织所受的压力较为集中，且覆盖于坐骨结节处的软组织比较脆弱，长时间受压容易出现皮肤及皮下组织循环障碍，严重循环障碍则会引起压疮。脊髓损伤患者使用轮椅坐垫的主要目的就是为了保护这一敏感区域。轮椅坐垫使用过程中需要注意一些问题，如果坐垫不合适、保养不当、使用错误，都可能会降低减压效果。常见的错误主要有以下几种：坐垫上下颠倒、前后或左右放置方向错误、充气压力不当、臀部搁置位置不当、轮椅结构不合理等。

目前发达国家市面上销售较好，使用较多的轮椅坐垫主要有**充气坐垫**（Air Cushion）、**泡沫坐垫**（Foam Cushion）和**凝胶坐垫**（Gel Cushion），国内常见的为**海绵坐垫**（Spongy Cushion）（图 13-1）。充气坐垫和凝胶坐垫因价格较高，且宣传为高科技产品而被认为减压效果较好；但相关研究认为这两种坐垫在减压效果上与其他坐垫并无显著差异。轮椅坐垫选择主要依据患者实际情况和临床问题决定，不能简单依据产品质量，更不能依据产品价格而定。一般情况下，同一坐垫为不同患者提供的减压效果有

很大差异，能为一位患者臀部提供良好减压效果的坐垫却不一定能为另一位患者提供合适的减压效果。这是因为影响坐垫减压性能的因素很多，主要有轮椅和附件结构特点、患者自主活动和调节能力、体重和患者坐姿、臀部结构特点等。目前国内康复医学仅经历几十年的发展，且发展有明显的区域性和学科不平衡现象，整体上就辅助器具相关问题的研究较少。因此，国内患者对轮椅坐垫的认识和使用都较为贫乏，使用相对较多的是海绵坐垫和恒压充气坐垫，且数量和比例都非常少。



A



B



C



D

图 13-1 几种常见的轮椅坐垫

A. 充气坐垫；B. 凝胶坐垫；C. 泡沫坐垫；D. 海绵坐垫

轮椅坐垫使用前，为了获得较为理想的效果，一般需就该坐垫进行座面压力分布测试。患者坐于其上的压力测试结果处于合理区间时才能推荐患者使用该款坐垫。目前国内在该方面的工作还处于空白，但这对预防臀部压疮意义重

大。压力测试不仅只在新配坐垫时需要，患者更换坐垫，即使是更换同款坐垫也需再次进行压力分布测试。测量压力必须在患者已经选定的轮椅内进行，若更换轮椅，则需重新进行测试。一般来说，坐位时坐骨结节处的压力值应小于



60mmHg, 超过该值的压力都蕴含着风险。但有研究认为尚未确定某一个压力值可以作为绝对安全阈值时, 这一压力值只是相对安全的阈值。有危害作用的压力值大小受患者皮肤本身的敏感性和主动减压能力及减压频率的影响。

坐垫减压效果评估可以使用简单的方法粗略判断, 也可使用精密的仪器来进行。患者或护理人员可以通过查看受压部位的皮肤状况粗略评估轮椅坐垫的减压效果。在患者使用坐垫初期, 需频繁检查臀部皮肤状况, 检查应该在患者离开轮椅后马上进行, 如果皮肤状况良好则可使用。试用新坐垫或者新轮椅时, 开始只能坐 30~60min, 然后逐渐延长时间。但离开轮椅后的皮肤检查工作始终不能忽视, 至少应坚持一段时间, 且每天不少于一次。之后应定期检查。如果皮肤变红, 并且在压力去除之后 10min 仍不能恢复和周围一样的颜色; 或者在变红区域施加压力而其颜色不变白, 说明坐垫减压作用不理想。这样的情况下, 除了更换坐垫或者调整乘坐时间外, 患者坐在轮椅上主动进行有效的、规律的减压, 或者更换轮椅相关附属设施等也是较为有效的措施。臀部压力分布测试垫是对坐垫安全性进行精确检查的技术。检查前把压力测试垫置于患者的坐垫上, 然后让患者直接坐于测试垫上, 用电脑可以明确看到患者臀部各部位的压力分布情况。如果有局部压力集中的情况, 则说明该款坐垫不合适; 如果压力分布相对较为均匀, 说明该坐垫合适。

## 一、轮椅坐垫种类

**1. 充气坐垫** 充气坐垫是用橡胶制作的, 结构上由多个内部空气相通的袋囊并排组成 (图 13-1A), 工作时依靠内部空气支撑患者体重。患者坐于其上, 内部气体即从压力高的袋囊向压力低的袋囊流动, 以重新分配各处压力至平衡状态。这样, 坐垫就能按照患者体型

重新塑形, 可在较大区域内完成压力平衡, 减小臀部某一局部区域压力状况。充气垫的减压效果取决于坐垫是否适当膨胀, 坐骨结节应尽量坐于坐垫中间。充气不足的坐垫会被坐骨结节压扁, 结节就会间接接触到硬质的轮椅座位上而受压。而过度充气的坐垫完全能够抵挡住臀部骨突处的下陷, 就像坐于硬质座位上一样, 而不会有明显的减压作用。治疗师可以用手指粗略检查充气坐垫的充气程度, 一般在患者端正坐于坐垫上时坐骨结节和坐垫之间能够插入两个手指即可; 若空间较小, 说明充气不足。

还有一类可以通过电机自动控制的充气坐垫, 气体在坐垫各个袋囊内循环, 在压力不足时坐垫会自动补气, 不断调节其中的压力。这种动态补气的坐垫可以避免局部始终处于较大压力状态, 主要用于使用电动轮椅并有严重压疮问题或四肢瘫患者。

**2. 凝胶坐垫** 凝胶坐垫 (图 13-1B) 也是通过压力在接近液态的胶体中传递式转移来平衡内部压力的, 这和充气坐垫工作原理相似。凝胶的流动性较气体稍差, 压力传递速度和效果也稍微弱一些, 但整体减压能力和充气坐垫差不多。凝胶坐垫一般不单独制成坐垫使用, 多嵌在波形泡沫基座内, 单个或多个凝胶袋平行并排排列于经特殊设计的凹陷形泡沫基座上, 基座形状恰似与臀部相符的双凹状 (图 13-2)。患者坐于垫上时坐骨结节陷入凝胶处把凝胶挤压至旁边甚至大腿下部位置, 使身体承重部位与坐垫接触的面积增大, 这样会大大减小坐骨结节局部受压的程度。如果坐垫的双凹中心距离太宽而凝胶量较小, 大腿和坐骨结节下陷较多, 坐骨结节就会把凝胶挤压到旁边而直接压在泡沫部或轮椅座面。

肥胖患者配备轮椅坐垫最容易出现错误。一般情况下肥胖患者更加适合基底较宽的坐垫。但最具有决定性的因素是患者的骨盆或坐



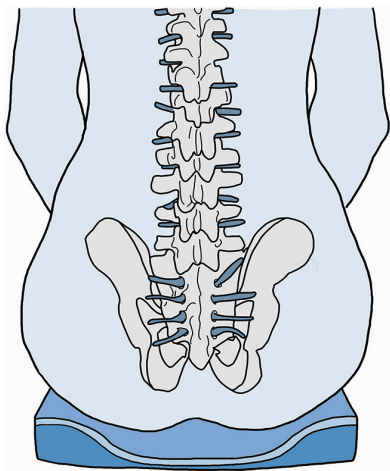


图 13-2 双凹型坐垫的相关生物力学影响

骨结节的宽度，而不是整个臀部的宽度，更不能只凭轮椅尺寸决定坐垫宽度。这主要是因为虽然有些肥胖患者臀部很宽，但其骨盆却可能比较窄；人坐位时的主要承重结构是坐骨结节部位，所以我们需要考虑的是坐垫的坐基凹面中心之间的距离是否和两坐骨结节间距相符合。坐骨结节间距大则需配备坐基较宽的坐垫，坐骨结节间距小则需配备坐基较窄的坐垫。另外，坐垫整体宽度需要与患者体型适配良好的轮椅宽度相匹配，这样极具个性化的坐垫既能有效容纳患者臀部肥厚的脂肪组织，又能起到非常良好的减压作用。

凝胶坐垫工艺复杂，且价格昂贵，国内目前没有研发和生产该款产品，但脂肪坐垫有类似作用，只是流动性稍差。脂肪坐垫在受到压力后也会有轻微流动和形状改变，同样可以起到扩大接触面积、减小局部压力的作用，其性状特点兼具凝胶和泡沫二者的特性，且价格适中，容易接受。

**3. 泡沫坐垫** 泡沫本身的可压缩性以及三维立体切面形状（图 13-1C）决定了泡沫坐垫的减压效果，但泡沫却很少单独用来制作坐垫。主要是因为稍硬的泡沫受压形状变化不明显，故减压效果差；而稍软的泡沫虽然能因为受压后形状变化明显而获得较好的减压效果，但却

有容易变形的特点。同样基于以上特点，坐垫材质的软硬程度直接影响着患者的舒适感。有些坐垫用两种以上的泡沫叠加粘合而成，大腿部下面采用较硬的泡沫，而坐骨结节处采用较软的泡沫，加以符合患者腿部形状的凹面及前高后低的倾斜式设计，可让更多的重量分布在大腿部位，减少较脆弱的坐骨结节部的负担。

泡沫坐垫可设计为弧形座面以适应不同患者的需要，但个性化制作需经验丰富的坐垫专家才能完成。依照患者自身形态进行石膏铸模的方式制作泡沫坐垫也是可以的，这一技术可以为患者提供更加个性化的坐垫，但花费较高，且无法先行试用。用石膏塑形制作泡沫坐垫技术主要用于坐姿困难和姿势控制有很大问题的患者。这两类服务目前国内尚无法提供，主要是技术缺乏。但现在逐渐兴起的 3D 打印技术可能会在不久的将来非常方便地为我们提供此类服务。

充气坐垫和泡沫坐垫以及凝胶坐垫相比较轻便很多，放置于轮椅上增重也较小，这对上肢和手功能较差或者体能较差的脊髓损伤患者更加适合。尤其对积极要求独立推行轮椅和需要自己拿起轮椅及坐垫进出汽车的患者，他们完成这些活动需要较好的上肢力量和耐力，需要重点考虑的因素中除了包括轮椅本身的质量和拆卸的方便性，还应包括坐垫的因素。泡沫坐垫和充气坐垫整体都容易变形，患者在轮椅转移过程中如果需要手部支撑在坐垫上，手会陷入坐垫，这会增加患者转移的难度。

**4. 海绵坐垫** 海绵坐垫（图 13-1D）价格便宜，制作方便，是预防和治疗压疮的首选材料。一般选用厚度为 10~15cm 的橡胶海绵制成床垫、轮椅坐垫等。相比泡沫坐垫，海绵坐垫质地紧密、弹性好、软硬适中、防压效果好。对于已经出现压疮的患者，还可在海绵坐垫上方便地进行裁剪以进行局部减压（图 13-3）。



图 13-3 海绵坐垫方便裁剪以对局部减压

**5. 其他坐垫** 其他常见的坐垫还有充水坐垫、凝脂（脂肪）坐垫、羊皮坐垫等。充水坐垫内部有一定的流动性，和充气坐垫有相同的性能，但重量大。凝脂坐垫的流动性较差，但比较松软，只是重量也较大。羊皮坐垫由整块带毛羊皮制作而成，绵羊皮松软舒适，是理想的减压材料。

## 二、坐垫保养与维护

为了保持轮椅坐垫良好的功能，坐垫使用过程中应该像轮椅一样进行精心的维护与保养。充气坐垫在受压情况下内部压力可能会逐渐减小，因此需定期检查并补气以保证合适的气压和充盈度。充气坐垫和凝胶坐垫一样比较脆弱，容易被尖锐物体戳穿或被锋利物品割破。所以，这两种坐垫一般都不推荐给手功能较差的患者，生活或工作环境中尖锐物体较多的患者，卧床时间较长或有专人照顾的患者，以及那些认为坐垫尚且舒适而不愿主动检查坐垫的粗心、惰性高和性格固执的患者。凝胶坐垫使用方法较充气坐垫稍微繁琐一点。由于凝胶的流动性稍差，所以患者每次坐上凝胶坐垫前应该调整凝胶分布，确保其均匀。生活在寒冷地区的患者还要注意不能把凝胶坐垫置于零度以下环境中保存，这样会增加凝胶包的脆性。凝胶坐垫和充气坐垫可以使用较长时间，如果不被锐物划破或刺破的话，一般都可使用数年之久。

相比较而言，泡沫坐垫和海绵坐垫保养较为简单。泡沫坐垫稍显硬了一些，但如果有很好的塑形，再用稍软的海绵附在上层，其减压效果也是很不错的，只是长时间受压会逐渐变得扁平。海绵坐垫较为柔软，一般为方形平面设计，虽然患者坐上去可以压出和臀部一致的形状，但这样的坐垫减压效果稍差，压力分布不均匀，也很容易出现被压扁的现象。因此，这两种坐垫都需要定期更换，一般一年更换一次。

## 三、坐垫对患者的影响

轮椅坐垫适配除了重点考虑其减压效果外，还需考虑患者舒适度，以及对患者坐位稳定性、坐姿调控及活动能力的影响。一般来说，坐垫越柔韧，患者坐于其上的舒适度就越好；设计越是符合人体工学特点，坐于其上的舒适度也越好。所以充气坐垫深受脊髓损伤患者的喜爱，其次是凝胶坐垫。但患者坐在充气坐垫上会感觉不稳，尤其是厚度较大的充气坐垫，所以他们宁愿选择稍硬一些的凝胶坐垫，甚至海绵坐垫或泡沫坐垫。更加符合患者臀部和腿部形状设计的薄型充气坐垫似乎可弥补这一缺点。

轮椅座面对患者坐姿有明显的影响，坐垫的影响更甚。坐垫放置不当，不管是方向错误还是上下颠倒，或是坐垫放置位置偏移，都会明显影响患者坐姿，引起脊柱侧凸、腰椎前突或后突等问题。有凹陷设计的泡沫坐垫或有凹陷基座的凝胶坐垫虽然看起来更加符合人体工学原理，更能有效维持患者良好坐姿，但使用的时候需要尤其注意，错误使用会导致更加严重的问题。通常，要维持理想的轮椅坐姿就要增加骨突部位的压应力，鱼与熊掌兼得只能是一种理想状态；明智之举是适当减小坐骨结节处的压应力，而通过调整坐垫就可达到既能减压又能维持良好坐姿的目的。这种折中方案

对预防脊柱畸形、坐姿异常和有压疮问题的患者尤为适用。

坐垫的软硬程度会影响患者的转移能力。坐垫座面越硬，患者轮椅上下转移就越方便。因为患者转移时，手压在坐垫上不会陷入太多，容易使身体垂直提升较为理想的高度，方便转移。但使用充气坐垫、泡沫坐垫或者凝胶坐垫的患者在转移过程中需要臀部抬离更高才能移出，这样就大大增加了转移的难度。

#### 四、坐垫价格因素

轮椅坐垫的价格差异很大。泡沫和海绵坐垫较为便宜。我国尚处经济比较落后的阶段，昂贵的充气坐垫和凝胶坐垫接受程度有限，但海绵坐垫或泡沫坐垫的使用也不是很普遍。除了价格因素外，坐垫的使用还和患者接受的健康教育及患者在皮肤护理方面的知识不足有关。对于经济紧张的患者，我们可以用刀具把一片泡沫削制成一件塑形较好的轮椅坐垫，这会大大减少患者的花费。条件好点的患者也可以将自行车内胎绑在一起充入空气充当充气坐垫。虽然用这两种方法制作的坐垫外观不怎么漂亮，减压效果也不会非常理想，但对皮肤的保护作用尚可，相对于直接坐在较硬的轮椅座位上也不失为一种较好的选择。

## 第二节 手动轮椅

轮椅设计和造型繁多，功能差异较大，所以轮椅的选择和适配需要考量各方面的问题。

轮椅处方不仅要包括寻找一款合适的产品，还要保证要非常适合患者需求，这主要是因为轮椅的结构特点会对乘坐者的安全性、舒适性和操控性起决定性作用。例如，如果轮椅太窄，可能会致患者皮肤破损；如果轮椅太宽，患者操控和转移都会有困难；过度向后倾斜且无防后倾装置的轮椅可能会引起患者向后跌落。

轮椅结构设置应该让乘坐者的臀部和大腿部承重部位感觉非常舒适，且能保持坐姿良好。轮椅结构能提供竖直向上的稳定性，以保证患者坐在轮椅上无需手扶轮椅，也不需肘部支撑就可以保持身体正直。

很多轮椅都是可以调节的，即使批量生产的结构固定的轮椅也可以部分调节以适应患者的需求。轮椅结构调节需综合考虑很多要求，如患者坐在轮椅上的活动性、稳定性、安全性，以及是否有利于皮肤保护和方便患者主动控制姿势等。所以要想获得较好的效果就可能需要物理治疗师尝试调节不同的设置。一般来说成品轮椅很难在所有方面都满足患者的需求，定制轮椅相对更能满足患者需求，但这样富有价值的个性化定制服务暂时还很少有提供，主要是因为这种有经验的专门技术人员和工程师非常匮乏。

伤后1年左右是适配轮椅较为合适的时机。伤后1年以内的康复治疗对患者活动能力和各种功能影响较大。随着康复进程的推移，患者所取得的成效会有明显的提升；且这个过程中变化频繁，所以暂时不宜确定患者到底需要何种轮椅更为合适。通常情况下，患者在康复治疗期间，其坐位稳定能力、活动能力、调节能力和轮椅操控能力都会有明显的提高，适用的轮椅在细节上也需要不断地调节，如轮椅座面的倾斜度、扶手和靠背高度、前后轮的高度等。因此建议，如果患者为方便早期进行康复治疗而购置轮椅时，一般建议第一台轮椅既要大致合适，又要有高度可调节性。也就是说，如果有可能，患者长期应用的轮椅可延迟到患者活动能力和功能都比较稳定后，即患者自己非常清楚自己想要什么、需要什么之后再行配置。如果有条件，多建议患者伤后采用租借方式满足早期的轮椅需要，等各种功能稳定后再根据物理治疗师的意见购置更为合适的轮椅。



下面对轮椅适配中几个关键问题进行简单介绍，包括**手动轮椅（Manual Wheelchair）**的试用、调节和选择。和**电动轮椅（Electric Wheelchair）**适配相关的问题会在本章后面简单讨论。

### 一、轮椅座架

座架是轮椅最重要的结构之一。手动轮椅座架分为不可折叠式（图 13-4）和可折叠式（图 13-5）两种。不可折叠式轮椅的座架多为一体式，不可折叠，占用空间较大。部分不可折叠轮椅使用材料较轻，整体重量小，推行省力。也有些不可折叠轮椅车轮固定、整体较重、推行费力，尤其是高靠背轮椅。这些轮椅占用空间较大，不方便转移，适合病情较重



图 13-4 不可折叠式轮椅

### 二、座面

轮椅座面是承担使用者体重的直接受力部位，座面材质直接影响使用者臀部受力情况和使用者乘坐舒适度。座面一般有柔性座面（悬索或布料）和硬质座面（硬质板覆以薄软垫等）两种。硬质座面只配置在小部分不可折叠轮椅和座面带有便孔的功能性轮椅上。大部分的手动轮椅都采用柔性座面，既轻巧又方便折叠。柔性座面多为编织材料，有一定的弹性，坐在上面臀部感觉较为舒适；但随着乘坐时间的延长就会出现轻微松弛现象，患者坐在上面时会

的高位脊髓损伤或主动性较差依赖程度较高的患者。较为优良的不可折叠轮椅体积较小，造型简单，用料上乘，轻便耐用，推行轻巧灵活，车轮为可拆卸式，非常方便驾驶汽车的患者自行拆装并拿进或拿出汽车。这对脊髓损伤患者独立驾驶汽车提供了很大的方便，同时也能很大程度上减少轮椅推行时的能量消耗。可折叠式轮椅的座架中间有一“X”形叉状结构，这一“X”形结构是保证轮椅横向折叠收起的结构基础，操作者上拉座面中间就可以完成轮椅折叠。由于增加了两个较粗大的“X”形叉的重量，所以此类轮椅多较笨重，影响患者主动操控的积极性和舒适性，且因允许折叠的各关节处的反复磨损会大大影响轮椅的使用寿命。



图 13-5 可折叠式轮椅

出现中间低两边高的现象。如果患者坐在轮椅上偏于一侧，臀部就会出现向低位滑动的趋势，皮肤就会受到剪切力和摩擦力的影响。这一偏移问题长期持续则会引起骨盆倾斜和脊柱侧凸等姿势障碍。硬质座面一般不存在这种问题，但平整的座面不利于分散患者臀部的压力，容易引起压疮，所以不宜长时间使用。

**1. 座面高度（座高）** 轮椅整体高度需依据患者身高决定。一般来说患者身高越高，使用的轮椅就应该越高。轮椅座面距离地面的高度也视患者的小腿长度即患者足底到膝盖——



严格地说是到患者坐位时大腿远端下面到地面的距离而定，还需要考虑脚踏离地间隙即需要加上脚踏板距离地面的高度（图 13-6）。如果轮椅座面高度较高，患者就无法把膝盖伸入桌子或洗手池下面，影响日常生活中某些活动。较高

的轮椅重心高，稳定性稍差，增加了轮椅在快速行进中转弯或坡道路面行进时向侧方倾倒的风险。一些依靠下肢施展驱动力的患者，可选择座面较低的轮椅，这样脚部才能比较有力地触到地面，方便施展动力。

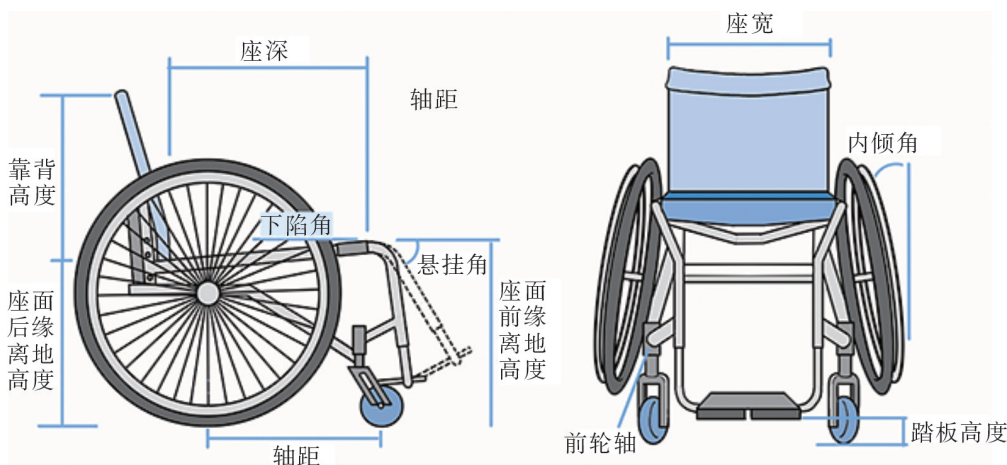


图 13-6 轮椅结构示意图

很多轮椅的座面高度可以调整，主要通过改变后轮轮轴在座架上的位置进行调节。后轮轴在座架上的垂直位置调节方式主要由其本身的固定系统决定，一般情况下后轮轴都是固定于座架下面为后轮轴预设的一排垂直排列的调节孔上（图 13-7）。要想增加轮椅座面离地高度只需调低后轮轴的位置即可；相反，要想降低轮椅座面高度只需提高后轮轴的位置即可，但同时也要相应地调节前轮轴位置。而且，由于轮椅后轮轴位置的改变，轮椅其他特征也

会相应改变，如座面倾斜度（下陷角）、靠背后倾角等。要想保持原来的座面倾斜度和靠背倾斜度，在调节后轮轴位置的同时也应该相应地调节前轮轴的位置（图 13-8）。同时，后轮轴位置的改变还会影响前轮叉的倾斜度，前轮固定轴如果不能垂直于地面，轮椅行进过程中就会出现左右摇摆现象。因此，在后轮轴调整的同时一定也要对前轮轴进行适当调节，以保证前轮轴始终竖直于地面。



图 13-7 后轮轴上下调节的结构设置



图 13-8 前轮轴调节的结构设置

轮椅后轮轴相对于座架的位置高度会影响后轮圈上缘高出轮椅座面的比例（图 13-9），这一比例影响患者肩部到手轮圈顶端的距离，进而影响患者操控轮椅的能力。通常，后轮轴高度适当的情况下，后轮上缘和座面高度差也较为合适，患者驱动轮椅的舒适性较高。但后轮轴固定于座架上的位置越高，轮辐超过座面的比例就越大，后轮上缘高度就越高；虽然可以增加手在轮圈上的行程，但手处于轮圈最高处时肩关节伸展角度和肘关节屈曲角度过大，这样会影响患者驱动过程中手划动轨迹的平滑程度和与下一周期衔接的紧凑度，长期如此还会引起患者肩关节痛。如果后轮轴固定于座架上的位置较低，轮椅座面高度就会相应抬高，

后轮辐超过座面的高度和比例减小，增加肩关节和轮圈之间的距离，手驱动轮辐圈的行程就减小，驱动效率下降。除此之外，后轮轴高度还可能会影响患者的转移，位置越高，后轮轮辐超出轮椅座面越多，轮圈挡住座架前侧面的部分就越多，患者侧方移出轮椅的难度就越大；相反，降低后轮轴的高度则会使患者侧向转移更加轻松。

座面高度调节除需考虑上述问题外，还需注意坐垫对患者的影响。在计算座面高度时应该把坐垫高度算进来，然后再对轮椅本身进行调节。对因后轮轴位置高度产生的影响也可以通过改变坐垫厚度和轮圈大小的方法来微调。



图 13-9 后轮轴高度对轮椅重心高度、座面后倾角、后轮上缘超座面高度的影响，既影响患者坐姿，也影响患者上肢驱动轮椅

**2. 座深** 座深即轮椅座面前后进深（图 13-6）。座深大小取决于患者大腿长度，确切地说应该是当患者坐于轮椅上时小腿上端后缘到骨盆后端的距离减去 2~5cm。如果座深较大，坐垫前缘会顶住小腿腘窝后部，压迫腘窝处血管，还会致使患者臀部向前滑落而靠坐于轮椅上，出现“萎靡”坐姿，进而增大坐垫对臀部皮肤的剪切力而产生压疮。座深较浅，座面前缘和腘窝后面距离较大，本来可以帮助承重的大腿下部与座面接触面积减小，致使压力过于集中于臀部而加重其负担，如果座面下陷角较小或者患者有伸肌痉挛问题时患者很容易从轮

椅座面前缘滑落。下肢肌张力较低的患者还会因为依靠较少而出现腿部不受控制的左右摇摆动增多，这在一定程度上会影响患者的平衡和轮椅上活动。

**3. 座宽** 轮椅坐位宽度简称座宽（图 13-6）一般取决于患者臀部横径。轮椅适配要求患者坐于轮椅上骨盆两侧应该分别留有 2cm 左右的空隙，这样既能避免两侧受压、避免后轮磨破或弄脏衣裤、方便患者上下轮椅，又能为日后身体围度发生变化提供一定的弹性空间。毋庸置疑，身材宽大的人应该选择较宽的轮椅，身材消瘦的人选择稍窄的轮椅，但也不可否认轮



椅宽度过大会影响其通过性，轮椅通过稍窄的过道门或者狭小空间的难度加大。对患者来说，如果轮椅宽度太大，两轮距离较远，就要求患者肩关节外展角度更大一些，这样会增大患者驱动轮椅的难度，且长期使用太宽的轮椅容易引起肩痛。再者，患者坐于轮椅上容易出现躯干旋转和姿势控制困难等问题。如果轮椅过窄，患者就很难坐进或移出，出入时骨盆两侧腩部会摩擦轮椅扶手（Wheelchair Handrail），损伤皮肤或磨破衣物，坐于轮椅上也很不舒适。轮椅侧板或扶手可以起到防护作用，尽管在转移时移开或合上侧板可能会有些麻烦，但其作用不容忽视。

由于体重对患者身体宽度的影响较其他方面更为突出，所以对那些体重波动可能较大的患者，基本不建议使用不可调式轮椅。截瘫患者在刚受伤阶段由于病情较重、进食体位不适应、药物反应和情绪波动大，多会出现体重下降现象，但随着疾病转归、功能改善、心理调节和营养的补充，患者体重会逐渐恢复甚至超过之前。高位损伤四肢瘫的患者后遗症期多会因为活动能力较弱、能量消耗严重减少而导致体重日见增加，甚至达严重肥胖的程度。这些患者由于躯干肌受累而难以保持良好的坐位姿势，一般都会推荐使用宽度合适的轮椅，在体重发生较大变化后再行更换。但一般还是需要早期进行这方面的教育，尽量避免体重发生较大变化，或者在一两年后等到患者体重比较稳定后再给出合理的轮椅适配意见。

从人体解剖结构上看，不管身体是较瘦体型还是肥胖体型，双腿并拢时的宽度都会较髋部小一些；并且由于脊髓损伤患者多会出现下肢肌肉萎缩，所以他们的腿部宽度较髋部会更窄一些。但几乎所有轮椅的座面宽度前后是一致的，少有座面是前窄后宽形状的。运动轮椅腿挡处收窄是普遍现象（图 13-10），一是可

以稳定下肢，二是可以避免腿部在运动中受伤。运动轮椅腿挡较座面明显收窄，还有固定膝盖的挡板，可充分稳定下肢。相比普通轮椅，后轮内倾角较大的轮椅左右稳定性更好，可满足运动员高速转弯的运动需求。



图 13-10 运动轮椅

**4. 座面倾斜角** 前面所述的轮椅座位高度应该作为轮椅座面前端的离地高度。但为了保证使用者坐于轮椅上更加稳定，座面设计一般为前端高而后端低，这样便形成座面倾斜角（Inclination Angle）（也称下陷角，图 13-6），这个角度是由坐垫前缘和后缘离地高度差决定的。座面倾斜角的调整主要有以下几种方法：改变前脚轮尺寸、调整前脚轮轴高度、改变后轮尺寸、调整后轮轴高度。若要增大倾斜角，可以更换半径较大的前脚轮、降低前脚轮的固定位置、更换半径较小的后轮、升高后轮轴的固定位置；若要缩小倾斜角，可以更换半径较小的前脚轮、升高前脚轮的固定位置、更换半径较大的后轮、降低后轮轴的固定位置。

座面倾斜角一般为  $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，也有轮椅会采用较大的角度，多见于活动性较好的运动轮椅，一方面可以防止患者臀部滑出座位；另一方面也可降低整体重心，增加轮椅稳定性和操控性。但角度过大时背部受压会较重，如果再有座深超过患者大腿长度问题，腘窝部位受压会更加严重。

轮椅座面倾斜角对维持患者良好的姿势和平衡有非常重要的作用。如果轮椅座面是水

平的,患者坐于其上时臀部会向前滑动,因此也会对坐骨结节产生剪切力,尤其是在快速前行过程中紧急制动时。对躯干控制能力低下的患者来说座面越接近水平患者向前滑移或坐位不稳的恐惧感就越重,他们就会刻意用力向前移动臀部增加躯干后靠力度来寻求安全感。这会造成骨盆后倾而表现出“萎靡”坐姿,这样的姿势会引起脊柱后突,增加骶尾部的压力,再加上滑动的出现,常有患者出现骶尾部的皮肤破溃。此外该坐姿还会导致坐骨结节处的皮肤损伤,尤其是使用硬质坐垫的患者。

座面倾斜角不仅会影响患者臀部滑移的趋势,还会影响骨盆后倾和轮椅后向倾倒的可能性。如果倾斜角增大,身体重心会后移,后轮承重增加而前轮承重减小,完成前轮离地的动作容易实施,患者驱动轮椅也较为方便。虽然有以上诸多益处,但对部分患者来说,操控一台重心靠后的轮椅是比较危险的,因为很容易出现后倾跌倒,尤其是在上坡时。所以选择轮椅座面倾斜角不同的轮椅时应该考虑患者掌握的轮椅操控能力,尤其是前轮离地平衡技巧和上坡时患者的身体前倾能力。倾斜角过大会增加患者转移时臀部移出轮椅的难度,因为臀部会因身体重量而滑回后部,这对转移能力较弱的患者来说是一个难题。患者也可以在轮椅座面前缘加用楔形泡沫垫或使用波式坐垫来模拟倾斜角度进行锻炼,以提高患者能力。

### 三、靠背

轮椅靠背一般多为织物靠背,少数为硬质材料。靠背的材料性能、紧张度和形状都会对患者坐姿产生影响。织物靠背的影响和坐垫类似,织物长期受力后容易出现松弛现象,虽然靠背紧张度降低会扩大患者后背的包绕面积,但患者坐于轮椅上躯干后倾的角度会加大,容易出现臀部受力加大、脊柱疲劳和疼痛等

问题,所以在靠背明显松弛后需适当调整(图13-11)。



图 13-11 可调节织物靠背

目前市场上已经有独立的弧形靠背(图13-12)作为轮椅改装附件出售,可替换原来的平面靠背(图13-13)。弧形靠背包绕性好,舒适度高,对维持高位脊髓损伤患者姿势和预防脊柱侧凸均有良好的作用。弧形靠背一般用于不可折叠轮椅,但因为拆卸比较方便,也可用于折叠轮椅。



图 13-12 弧形靠背轮椅附件

**1. 靠背宽度** 轮椅靠背一般与座宽相同,这是因为靠背要固定在座架后端,缩窄则无法固定,加宽固定会影响后轮驱动。但并不是所有的轮椅都如此,一些特殊体型且躯干控制能力较差的患者就需要选择靠背和座宽不同的轮



椅。有些患者臀部窄而肩部宽，适用座宽稍小而靠背较宽的轮椅，若使用靠背和座宽等宽的轮椅，则会引起背部不适；相反，有些男性肥胖患者和大多数女性患者骨盆较宽而肩部却较窄，靠背宽度和座宽一样的轮椅不能很好地稳定躯干，容易引起患者坐姿倾斜和脊柱侧凸。另外，太宽的靠背还会限制患者上肢活动能力，主动驱动轮椅比较困难，且容易引起肩部疼痛。



图 13-13 平面靠背轮椅

**2. 靠背高度** 轮椅靠背最佳高度不仅取决于患者身高，还需考虑其脊髓损伤平面，损伤程度，患者年龄、职业、体能和爱好等因素。四肢瘫患者比截瘫患者躯干稳定性差很多，需要更高的弧形靠背来维持稳定坐姿和维持脊柱正直（图 13-14）；腰髓损伤的截瘫患者有良好的躯干控制能力，身体活动性较好，低靠背轮椅（图 13-4 或图 13-5）能更好地满足患者需求。高靠背轮椅靠背后倾角稍大，多用于患者伤后早期，后期使用对象主要为四肢瘫患者和老年患者，可提供更好的支撑作用并能防止患者前倾跌落轮椅。对躯干控制能力较好和坐位平衡能力较强的患者来说，轮椅靠背稍低于肩胛下角（一般低于 2cm）既可提供舒适的支持作用，还不会对患者的活动造成太大影响。

靠背太高的轮椅会影响患者肩胛骨的活动，进而降低肩关节后伸角度，阻碍患者手向后握持手轮圈的距离，减少单次用力驱动手轮圈的有效行程，降低效率，还会影响患者转身或进行娱乐和体育活动。轮椅靠背太高还会阻碍患者转身用上肢勾住推把进行臀部减压等有益活动。年龄较轻、活动能力较好、轮椅操控技术好、有工作意愿或其他特殊需求（如运动）的患者可以多尝试使用不同高度靠背的轮椅，体会并观察轮椅靠背对身体姿势、日常生活活动、工作、运动功能、躯干稳定性和安全性的影响，争取选用更为合适的轮椅。



图 13-14 弧形靠背和支撑系统

**3. 靠背倾斜度** 躯干肌广泛受累的脊髓损伤患者没有足够的肌力来维持端正的坐姿，也没有主动调整躯干姿势的能力。适度向后倾斜的靠背能增加他们的安全感，但后倾的靠背会导致患者臀部有向前滑移的趋势，相应降低座面后部高度，即增大座面下陷角就可以解决这一问题。而轮椅靠背角度的调节可以参照座面角度，也可以参照水平面。如果座面处于水平位，靠背就应该保持垂直或轻度后倾位；座面有较大下陷角时，靠背也可适当调整后倾角度，使患者能保持良好、舒适的坐姿。轮椅靠背后倾角和座面下陷角适度时，患者坐在轮椅上时背部会分担部分压力负荷。如果压力不是很大，靠背角度又很合适，既能获得较好的稳定坐姿，又能轻度减轻坐骨结节处的压力，降低该处压

疮或破溃的风险。当然,靠背后倾角不宜过大,否则患者坐在轮椅上时后背受压严重,既会引起患者颈部和躯干主动屈曲以弥补轮椅前下部的视觉损失,又会因为手向前划动的距离减小而大大降低轮椅操控效率。对轮椅靠背和座面角度进行调节时还需要考虑是否需要后移后轮轴以增大轮椅稳定面积,防止因重心后移而有向后倾倒的风险。

#### 四、轮椅轴距

轴距是指轮椅前后轮间距(图13-6)。轴距大小影响轮椅的整体长度、稳定性、转弯半径和操控性等。轮椅轴距是否可以变化主要看后轮轴是否可前后调节,可前后调节后轮轴的轮椅轴距是可变化的。与座高可以通过上下调节后轮轴位置来改变一样,轴距可以通过改变后轮轴在车架上的前后位置来调节(图13-15)。向前移动后轮轴位置会缩短轮椅轴距,缩小转弯半径,增大后轮承重比例,从而减小前轮承重比,提高轮椅操控性和灵活性,但缺点是轮椅更容易向后倾倒。换句话说,缩短轴距可使轮椅更加容易实现前轮离地后轮平衡的状态,如果患者主动操控轮椅的能力不足,还是建议保持较大轴距以满足稳定性的需要。但为了满足稳定性要求,就要增加轴距,即向后调整后轮轴的位置,就会增加前轮负重比例,轮椅转弯半径也增大,轮椅的操控性和灵活性



图 13-15 可通过调节后轮轴在轮椅座架上的位置来改变轮椅轴距

也就大大降低了。轮椅轴距增大利于其稳定性,比较适合病情较重的患者。超长轴距轮椅一般设计成靠背可以放平,腿挡可以抬起,整体可随时调整至平卧位。这种轮椅后轮轴安放位置比轮椅靠背还要向后,轴距非常大,稳定性非常好,但转弯半径很大,转弯非常费力。

#### 五、前轮

轮椅前轮大小对轮椅的操控性有重要的影响。轮椅前轮的尺寸从直径5cm到20cm不等。在后轮直径固定的情况下,前轮直径越大,轮椅的通过性能就越好。也就是说,前轮直径越大,越过障碍物的能力就越强。例如直径20cm的前轮可以很轻松地越过3cm的地面突起,而直径5cm的前轮就很难越过去。所以在不同生活环境下的患者,选择轮椅时就需要考虑前轮大小的问题。另外,前轮大小对轮椅操控性能也有较大的影响。较大的轮子接触地面面积大,摩擦阻力就大,患者驱动轮椅时消耗的能量就越多,推行较困难;较小的轮子接触地面面积少,摩擦阻力就小,患者驱动轮椅时消耗的能量就减少,推行较轻松。另外,前轮较大的轮椅在转弯时前轮绕其固定轴的转动范围也比较大,转弯灵活性就会差很多,而且转弯时前轮可能会碰到患者脚跟。虽然从操控性方面考虑,大部分患者愿意选用小尺寸前轮,但前轮太小也会带来一些弊端,甚至危险。前轮小容易出现颠簸,不平路面推行困难,更容易陷进松软的泥地里或卡进路面缝隙中。如果使用者推行轮椅的速度较快,在遇到稍大的地面突起或石子等物体时就会发生翻车摔落地面的危险。虽然前轮被卡住这样的问题可以通过习得较好的轮椅操控技巧予以避免,但颠簸的问题只有在轮椅前轮轴部配备弹簧悬挂才能有所缓冲,显然这样会增加轮椅重量。

轮椅前轮较多采用实心橡胶胎,无需经常

检查胎压，保养方便，推行省力，操控性能好；但在颠簸路面行进时震动感强，患者舒适度稍差。充气轮胎减震效果好，但摩擦力大，保养较为复杂。如果患者使用轮椅的环境多是城市平坦路面，建议使用直径稍小的实心轮胎；若是农村的颠簸路面，则推荐使用直径较大的充气轮胎。

前轮和轮叉轴应该垂直于地面（图 13-16），否则，前轮在行进中会出现剧烈的左右摆动，导致轮椅驱动困难。轮椅其他设置调整时会导致前轮轮轴与地面的垂直状态受到一定的影响，应同时予以调整。



图 13-16 前轮和轮轴应垂直于地面

## 六、后轮

后轮是手动轮椅承载重量的主要结构。成人轮椅后轮的标准尺寸有直径 60cm(14 英寸)，



图 13-17 条式后轮辐

另外还有 51cm、56cm 和 66cm 三种。转运轮椅还有更小直径的后轮配置，此处不做讨论。后轮尺寸对坐高有重要影响，后轮直径越大，坐高就可越大，适用于身高更高的患者。目前市面上的轮椅后轮有可充气轮胎和实心轮胎两种。除了少数轮椅配置实心轮胎外，大多都配置充气轮胎。实心胎不怕钉子或尖锐物体扎刺，保养也较为方便，但重量较大，受压变形系数少，容易陷入软地；与地面接触面积小而稳定，摩擦力较小，驱动较为省力，但因为弹性较差，容易出现颠簸。所以一般实心轮胎多在室内和平整路面使用。相反，充气轮胎弹性好，颠簸路面行驶时震动小，舒适度高，但胎压不足时推行较为费力；并且充气轮胎容易被针或钉子扎破，日常需要经常检查胎压，保养较为复杂一些；充气轮胎胎纹较深，摩擦力大，颠簸缓冲较好，更为适合乡村地区患者使用。和自行车一样，可充气后轮轮胎宽度也有了变化，有窄型轮胎，也有运动款的宽型轮胎。一般轮胎越宽，轮椅颠簸越轻；轮胎越窄，颠簸越重。因此，损伤程度较高、出行次数少和粗心、缺少护理辅助的截瘫患者适合选用实心胎轮椅或电动轮椅；独立能力较强、经常外出、有主动检查能力的患者多推荐使用充气胎轮椅；有远距离野外出行需求的患者，可选用可充气宽型轮胎，包括前轮。

### 1. 后轮内倾角 轮椅后轮大多和地面垂



图 13-18 叉形后轮辐



直,但也有一些轮椅和地面垂线之间有一定的夹角,或大或小,称为内倾角(图13-6)。普通轮椅没有内倾角,或者角度很小。轮椅后轮内倾角对轮椅稳定性有重要影响。灵活性和操控性良好的活跃型轮椅或运动轮椅(图13-10)多采用加大内倾角的后轮装配方式,运动型轮椅的内倾角为 $12^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。这样做的好处是轮椅基底较宽,支撑面积大,而顶部较窄,轮椅侧向稳定性较好,不易侧翻,快速转弯时更加方便安全。使用者在驱动有内倾角的后轮时,双手在开始握住和离开手轮圈时的位置距离躯体稍远,而在最高点时距离较为贴近,这样的好处是患者用力较为方便。手与手轮圈接触的所有时间内,手相对轮圈的底部都处于较内侧位置,所以在通过狭窄通道时手不容易受伤。但缺点是轮椅宽度较大,穿过较窄的门道或在狭小空间内转弯不方便。

**2. 轮条** 轮椅车轮的轮条主要有两种。一种是较为常见的用很多细车条把轮毂和轮圈连接在一起(图13-15)。另一种是叉形轮,结构上是三根、五根或更多较粗大的车条把轮毂和车轮圈整体连接(图13-17)。前者车条数量多,有6对、9对、12对、15对和21对车条的轮辐。21对车条的轮辐比较细密,编排复杂,间隙较小,也最常见。细条车轮重量轻,多与充气轮胎结合使用,更适用于室外用轮椅和轻质轮椅,轮条可能会影响患者手部安全。



图13-19 手轮圈上缠上橡胶弹力带、绷带等可增加摩擦力,方便手功能较差的患者驱动轮椅

叉形轮辐不会夹到患者手指,但这种车轮因冲击力小很少用于活跃型运动轮椅,一般多用于室内款普通轮椅。

## 七、手轮圈

手动轮椅驱动一般都是患者主动抓住后轮旁的手轮圈施加动力,所以轮椅手轮圈的意义较大。轮椅手轮圈和后轮为同心圆,直径较后轮小5cm。手轮圈一般为圆形管状,管径多为2cm,有的表面平整光滑,有的带有突起,也有的手轮圈为椭圆形,不同形状的手轮圈适合于不同握力的患者。手轮圈有多种材质,最常见的原料是铝质、不锈钢和硬质塑料几种。

不锈钢材质表面平整光滑,手握持住手轮圈驱动时因黏滞力而感觉不舒适,尤其是下坡滑行时,还会因散热不良而容易发生手部烫伤。铝质手轮圈表面稍粗糙,易于散热,且其导热性能非常好,长距离下坡时双手握持手轮圈控制速度时不会烫手,且经久耐用;另外,粗糙的表面增大了摩擦力,对握力要求稍小一些。铝的密度小,相比不锈钢手轮圈要轻很多,大大减轻了轮椅整体重量。手部握力非常弱的患者多推荐使用表面处理成凹凸不平状或表面涂上橡胶的手轮圈,或者在手轮圈上缠上摩擦力较大的橡胶弹力带、绷带(图13-19)等,当然也可以给患者佩戴防滑手套(图13-20)。对于手屈肌无力、完全没有握持能力的患者可



图13-20 防滑手套



以在手轮圈周围增加推钮（图 13-21）。推钮有几种安装方式：①水平推钮，适用于 C<sub>5</sub> 水平损伤患者。患者肱二头肌健全，手放在手轮圈后上方的推钮上，可靠屈肩屈肘力推行轮椅。②垂直推把，用于 C<sub>7</sub> 水平损伤患者。患者伸肘力量良好，所以既可以利用屈肩屈肘，又可以靠上肢伸直的力量推动推钮驱动轮椅，推行效率更高。给患者推荐轮椅时一定要考虑手部功能问题，应对四肢瘫患者手部感觉进行重点评估。四肢瘫患者上肢和手的控制和协调能力较弱，且手部感觉差，后轮圈上需加装轮辐罩（图 13-22），以防止患者手指在推行轮椅的过程中卡入辐条中而受伤。

手动轮椅的驱动除了把力施加在最常见的手轮圈外，还有一种摇杆式轮椅（图 13-23）。这种轮椅把传统的手轮圈改成摇杆手柄，患者只需向前推动摇杆就可以轻松驱动轮椅前进，向后轻拉手柄就可以减速或刹住轮椅，双

手配合可有效操控轮椅前进、后退和转向，操作简单方便，大大提高了轮椅操控性。同时，使用摇杆式轮椅能很好地减轻患者手、肘、肩关节的劳损，非常适合协调性和肌力较差或肩肘关节不适的老人、儿童和高位脊髓损伤患者；同时，也能起到预防轮椅使用者肩痛的作用。

## 八、刹车

刹车是轮椅整体结构中的一个重要部件，是稳定轮椅的重要结构。在患者进行轮椅转移过程中，绝大多数人都需要锁住刹车来稳定轮椅，以方便转移，避免轮椅移动而跌落地上的意外事件发生。只有少数能力极强的患者可以在转移中用上肢力量来保持稳定，实现安全转移。轮椅刹车有多种，常用的主要有推拉杆式刹车（图 13-24）和剪式（鸭嘴式）刹车（图 13-25）。轮椅刹车系统一般固定于轮椅座架侧面、后轮前部等患者很容易够到的



图 13-21 手轮圈推钮



图 13-22 轮辐罩可减少患者手指不小心插入辐条而受伤的概率



图 13-23 摇杆式轮椅



图 13-24 推拉杆式刹车



图 13-25 剪式刹车

位置。手功能较弱的患者可加长刹车推把以减小躯干前屈幅度、减小刹车动作的难度。推拉杆式刹车可能会因为操作杆长度较长而影响患者上下轮椅。和推拉杆式刹车安装位置不同，剪式刹车一般固定于轮椅座架平后轮前缘的下面，刹车打开后会自动合起来隐藏在座架下面，不影响患者从侧面上下轮椅。由于安装位置较低，剪式刹车更适用于那些坐位平衡好、躯干控制能力较好以及手功能很好的患者。这两种刹车的作用部位均为后轮的前缘，所以每一次调整车轮位置后都需要重新调整刹车位置，否则刹车可能会失灵，也可能会难以使用。

## 九、防倒杆

防倒杆主要用于防止轮椅向后跌倒（图 13-26），可选择性安装和使用。防倒杆近端是弹性固定于轮椅架上或插入座架下部的管状长杆，长杆的远端有一个小轮，小轮向后伸出至大轮后缘前后位置，离地高度为 5~10cm。防倒杆多可以向上折叠收起或取下，方便患者上下台阶或斜坡、过不平颠簸路面、抬起前轮等动作。一般情况下，一台轮椅配一根防倒杆即可，也可以左右配两根。在操作轮椅过程中，轮椅出现后倾时，防倒杆的小轮会首先触地，这样可以避免轮椅继续向后倾倒。虽然防倒杆有良好的防后倾功能，但并非绝对可靠，比如



图 13-26 防倒杆

在上斜坡时，若斜坡坡度过大，防倒杆作用就可能失效。失效的情况在患者有强烈的伸髋肌痉挛发生时也可能出现，强烈快速的伸髋痉挛会引起躯干向后猛烈推动轮椅靠背，引起轮椅向后倾倒。

## 十、下肢支持系统

轮椅下肢支持系统（图 13-12）主要包括脚踏板、腿挡和安装于其上的下肢支撑杆，三者一起共同承担着下肢支撑和防护的重要作用。普通可折叠轮椅通常设有左右各一套下肢支撑系统，而多数不可折叠轮椅或运动轮椅采用双侧合二为一的固定式整体设置（图 13-6）。

**1. 下肢支撑杆** 下肢支撑杆常见的有固定式、可拆卸式和开合式三种外开式。固定式的双下肢支撑杆要求患者有较好的下肢控制能力或上肢辅助能力，开合式和可拆卸式下肢支撑系统更加方便患者进出轮椅。

下肢支撑杆长度亦即脚踏板高度，取决于患者下肢长度，尤其是小腿长度（膝关节到脚底的长度）。长度调节合适的支撑杆能很好地承担双下肢重量，平衡臀部压力，预防压疮。根据不同的个体情况，每位患者的下肢支撑杆都应该个性化调节。如果支撑杆长度太短，脚踏板就越低，患者脚和腿部被托起较高，其坐骨结节受压也就越大了。相反，如果支撑杆太长，脚踏板较低，患者脚部从脚踏上获得的支持就会减小，踝关节可能会处于跖屈位，而臀部也因下垂的大腿承重较多而使坐位时臀部呈前低后高姿势，患者脚部容易滑落踏板。

腿部支撑杆所需长度受以下几个因素的影响：患者身高（小腿长）、患者所穿鞋底高度、坐垫高度等。调节之前，给轮椅配上常用的坐垫，患者坐于其上，脚上穿普通宽松的鞋子并平放于踏板上，膝关节于中立位；或根据轮椅支撑杆角度和坐垫坐面情况置膝关节于稍小角

度，然后测量或调节支撑杆长度。如果患者身高比较高，无法单纯依靠调节支撑杆长度来改善患者坐姿和臀部压力分布，或者支撑杆太长而使脚踏板触地影响轮椅驱动，这样就需要更换稍高一些的轮椅，或者调节轮椅座架的整体高度，或者增加坐垫高度。一般来说，患者的轮椅坐垫较高，或者鞋底较薄，支撑杆就要收短一些；如果坐垫较薄，鞋底较厚，支撑杆就要放长一些。

轮椅腿部支撑杆与轮椅坐垫水平线之间的夹角称为悬挂角（图 13-6）。悬挂角角度大小决定脚踏板相对轮椅座架前伸的距离、轮椅的总长度、患者坐于轮椅上时的膝关节所处角度、轮椅的重心以及轮椅的操控性能。支撑杆前伸的角度和靠背后倾角有一定的相关性。一般来说支撑杆前伸角度越大，即悬挂角越小，靠背后倾角就越大，这样的好处是减小患者坐位时骨盆后倾的角度，同时也增强了轮椅稳定性；但轮椅的操控性能较差，多适合高位脊髓损伤、脊髓损伤急性期或体能低下的患者。损伤位置较低、活动能力较强的年轻患者更加喜欢使用操控性能较好、灵活方便的轮椅。这样的轮椅下肢支撑杆的悬挂角较大，患者坐于其上时小腿几乎不会向前伸出，轮椅重心更加靠后且集中，轮椅前后总长度较短，轮椅可操控性和灵活性会大大提高。但膝关节屈曲较明显，可能会加重部分患者的屈肌痉挛或挛缩现象。高靠背轮椅和骨科用轮椅下肢支撑系统角度多可调节，方便患者下肢摆放于不同角度。大部分身高较高的患者也喜欢使用这样的轮椅，因为可以适当把膝关节置于伸展位，在不升高座椅高度的情况下使踏板保持较高的位置，只是轮椅操控起来稍显笨重一点。可调节角度的下肢支撑杆还有预防下肢长时间下垂而发生直立性低血压或下肢水肿的作用。

## 2. 轮椅踏板 轮椅脚踏板有固定式、折叠

式或旋开式。脚踏板的选择主要看患者是否可以直接从轮椅上站起来。如果患者可以步行进出轮椅，使用的踏板最好是可以折叠起来或可以旋开式的，以方便患者进出。如果  $L_1$  完全性脊髓损伤患者无步行能力，患者进行轮椅和床之间的转移主要依靠上肢，可拆卸式下肢支撑杆或折叠式脚踏板可以减小患者上下轮椅的难度，比较适合这些患者。如果患者主动活动能力非常强，也可以使用固定式脚踏板，上下轮椅时双脚踏于踏板上也不会造成明显影响。

### 3. 轮椅腿挡

轮椅腿挡有多种类型，常见的有设置在单侧支撑杆中部的板状腿挡和连接双侧支撑杆的织物带，有防止下肢屈曲痉挛或因重力作用向后滑落的作用。也有的设置在脚踏板后部位置，在脚踏板的后方设置一圈 1cm 左右宽度的突起或在脚踏板后方与支撑杆下端连接一圈防滑围带，都可以起到防止脚部向后滑落的作用。

## 十一、扶手

手动轮椅和电动轮椅都配有扶手，扶手不仅可以对上肢有良好的支撑作用，同时扶手部的侧面挡板还有防护功能，保护患者的臀部、腿部和衣物不被车轮磨损。扶手高度一定要合适，一般高出椅座面 22.5~25cm。患者端坐在轮椅上，手扶在扶手前端，肘关节距离扶手的高度在 2~3cm。如果扶手太低，患者坐于轮椅上为了保持放松会自动下沉肩关节，脊柱会出现屈曲，胸椎后突增大而表现为“驼背状”或“沉肩状”，还可能会出现臀部代偿性前移、躯干向后靠坐在轮椅上的不良姿势。相反，如果扶手太高，肘关节会翼状展开置于扶手上，且外展角度较大，或出现明显耸肩动作，较高的扶手还会影响患者的操控性。主动活动能力较好的患者多不愿使用扶手，感觉扶手会影响他们的运动，但侧面防护挡板一般还是需要的。



无扶手或较低扶手的轮椅更加方便患者把轮椅推进桌子或台面下面，方便生活、工作和学习。对损伤平面较高的患者，尤其是四肢瘫患者来说，合适高度的轮椅扶手能给他们提供良好的上肢支撑作用，可降低脊柱后凸或侧凸的发生率。轮椅扶手可以打开或拆卸会更加方便患者在轮椅和床面或马桶之间的转移，这样的设置对上肢功能较差但还有一些潜力的患者来说非常重要。轮椅扶手高度一般不可调，所以选用轮椅坐垫时应该详细考虑该问题。选用扶手高度可调的轮椅，在更换轮椅坐垫后应该及时调整扶手高度。运动型轮椅一般不设扶手，但多把扶手替换成较矮的挡板以保护衣物或皮肤。

## 十二、头靠

高位脊髓损伤四肢瘫患者坐在轮椅上需要使用头靠来维持良好的头部位置和颈肩部姿势，同时头靠还可以对患者颈椎提供良好的保护作用。下列几种情况下头靠的作用尤其明显：①轮椅靠背处于向后倾斜位时。患者颈部肌力较弱，无法主动控制头部中立位，要配备头靠给予有力的支持。但需要注意的是头靠一定不要把颈椎向前推至屈曲位。②颈髓损伤患者乘坐汽车、火车等交通工具时，头靠是强烈推荐使用的，有些国家还强制患者在乘坐交通工具时使用头靠。头靠不仅可以提供支撑作用，还能提供良好的保护作用，防止车辆刹车或急停急开给患者颈椎带来的不利影响。

## 十三、轮椅其他附件

在使用轮椅过程中还有很多值得考虑的问题，尤其是在安全问题上。坐垫可以减小压疮发生率，还可以改善坐姿；安全防护带可以保护躯干控制能力低下的高位脊髓损伤患者不会前倾跌落轮椅，髋周固定良好可以防止臀部向前滑移，防止躯干屈曲，防止骶部压疮，甚至防止伸髋痉挛出现而导致轮椅后倾倒地；躯干

侧挡板可以预防和纠正患者坐姿侧倾或脊柱侧凸；车轮挡泥板可防止衣物弄脏；轮椅行李包可方便患者出行时携带导尿管、集尿器、消毒剂、纸巾、水壶、钱包、食物、文件等日常生活和学习工作用具；轮椅餐板可方便放置食物，还可用来放置娱乐学习用品；上肢支撑架可安装在轮椅扶手上，可给予颈髓损伤患者无力松弛的上肢起良好的支撑作用。

有些手动轮椅的设计借鉴了特殊电动轮椅的思路，患者可以很方便地操作轮椅改变其形态后使自己在轮椅上站立起来（图 13-27）。这对使用手动轮椅的大部分患者来说是一项非常有用的改进。虽然使用手动轮椅患者的损伤平面较低，但如果轮椅有此功能，则可大大方便他们进行轮椅减压、站立、够取高处物品等活动。



图 13-27 患者借助可站立轮椅进行站立，可以预防下肢骨质疏松、改善视野、臀部减压、够取高处物品等

## 第三节 电动轮椅

电动轮椅在手动轮椅的基础上增加了电动马达、电源、导航控制系统和制动装置（图 13-28），并进行适当改装，因此手动轮椅的



适配原则同样适用于电动轮椅,在座宽、座深、靠背、扶手、脚踏、支撑杆的长度和角度等问题上的考虑基本一样。最大的不同之处就是驱动力和驱动方式不同,电动轮椅具有电动动力装置驱动,患者只需掌握操控器的使用方法就可以了。另外,电动轮椅的很多部件都可以改为电动控制调节,如下肢支撑系统的角度和轮椅靠背角度。由于电动轮椅配有电力驱动系统,所以上肢肌力较弱或手功能较差的高位脊髓损伤患者、老年人、儿童或需远距离出行的截瘫患者来说无疑是更好的选择,可大大提高他们的独立能力。



图 13-28 电动轮椅

## 一、电动轮椅分类

### 1. 按照电动轮椅的功能分类

(1) 普通电动轮椅: 即只有电动代步功能, 不具备其他功能。后轮直径一般为 2.66cm (8 英寸) 或者 3.33cm (10 英寸)。

(2) 手动和电动两用电动轮椅: 该型电动轮椅既可以允许患者操控控制器由电动马达驱动, 又可以允许患者手动操控。手动和电动两种功能转换需选择调节开关。可以手动操控的电动轮椅的后轮直径一般和手动轮椅差不多, 多为 8cm (24 英寸) 或者 7.33cm (22 英寸), 且后轮也装有手轮圈。

(3) 可躺电动轮椅: 该型电动轮椅除了有电动代步功能, 还可以实现电动平躺功能, 后背角度可以在  $90^{\circ}\sim 180^{\circ}$  任意调节, 适合上肢功能差, 但又迫切需要臀部减压, 或者有直立性低血压等问题的患者。

(4) 可立可躺电动轮椅: 该款电动轮椅除了有电动代步功能, 还可以实现站立和平躺功能, 不仅可以有效预防压疮和直立性低血压, 而且可以让患者被动站立起来, 能有效缓解患者的焦虑情绪, 对预防下肢骨质疏松和肌肉萎缩也有一定的好处。

(5) 其他特殊功能电动轮椅: 如增加按摩、GPS 定位、智能化的一键通讯等特殊功能。

**2. 按照电动轮椅的控制方式分类** 根据电动轮椅控制方式不同, 电动轮椅控制系统可以分为设定型人机接口和自然型人机接口两种。设定型人机接口适用于那些残疾程度较轻、肢体能动性较好的患者, 包括操纵杆控制、按键控制、方向盘控制、触摸屏控制、菜单控制等。而自然型人机接口的适用人群是那些残疾程度较高、肢体能动性较低的患者, 包括语音控制、呼吸控制、头部控制、下颌控制、舌部控制、手势控制、生物信号控制 (脑电控制) 等。

## 二、电动轮椅适配

和手动轮椅一样, 电动轮椅多处结构也是可以调节的, 如靠背、头靠、下肢支撑系统或整个座架系统等, 并且很多可以实现电动调节。四肢瘫和截瘫患者都可以选择使用整体座架可后倾、靠背和下肢支撑系统角度可调的电动轮椅。有些轮椅还允许患者平躺下或站立起来, 患者经常使用电动轮椅的这些功能来改变体位, 对减轻坐骨结节部位压力、预防压疮、预防下肢水肿、预防骨质疏松、改善肠道和泌尿系统功能、改善心理状态等都有很好的作用。

患者可以根据自己的活动范围和主动活动能力选择电动轮椅。一般来说,年龄较大、损伤平面低、很少外出的截瘫患者推荐使用电源较轻、轮椅整体结构小、转弯半径小、整体轻便灵活的轮椅。由于电源体积和容量都比较小,仅适合室内或短距离室外使用,部分小型电动轮椅可以折叠,方便携带。年纪轻、活动能力较好、需要外出工作或出行的患者推荐使用电源容量大,整体结构稳定的大型电动轮椅。常见的电动轮椅的主驱动轮一般位于中部或后部,也有一些设计者把驱动轮置于轮椅前部。主驱动轮在中间的电动轮椅操控性较好,转动半径小;主驱动轮在后端的轮椅更适合在复杂的环境中使用;主驱动轮置于轮椅前部的轮椅正面上坡或过障碍物的能力稍强一些。患者可根据活动环境选择电动轮椅的适配。

电动轮椅使用相对更为简单,患者只需开启电源,像驾驶汽车一样操控控制器即可实现前进、后退或转向。随着科技的发展,声音控制或智能无人驾驶轮椅也即将出现,患者只要进行语音控制或事先用计算机等规划好行驶路线,轮椅就可以实现自动转运。

### 三、电动轮椅的动力系统

电动轮椅的动力主要由电机提供。目前电动轮椅使用的电机主要是有刷电机,少部分产品使用无刷电机。有刷电机一般为直流减速电机,并通过二级减速齿轮箱减速,输出转速为 $0\sim 160\text{r/min}$ ,工作速度恒定,启动后即匀速运行,启动和停止时速度没有明显缓冲,乘坐人员舒适性差。且因考虑安全问题,配备有刷电机的轮椅行进速度一般不超过 $8\text{km/h}$ ,以免在急停急起时给患者带来明显不适或跌倒风险。有刷电机一般有集成电磁刹车系统,安装有刷电机的电动轮椅多配备手动离合器,可以允许手动、电动两种模式转换。当离合器处于电动

模式时,可以实现电动驱动并有驻坡功能(即制动功能);当离合器处于手动模式时,可以由人力驱动,此时和手动轮椅使用方法一样,失去驻坡功能。无刷电机工作速度可均匀变化,运行速度可用控制器进行调节,乘坐人员舒适性好。但无刷电机不配备电磁刹车系统,需另外配置物理刹车装置,因此不适合高位脊髓损伤或手功能欠佳的患者。电动轮椅一般有两个电机分别驱动左右两个后轮,使用控制器控制两个电机差速运动,实现前进、后退及转弯功能。

由于集成电源、电机和计算机控制系统的一体式电动轮椅较为笨重,且患者在进行从床到轮椅之间的转移也受到电动轮椅各部件如踏板、控制器等的影响,因此独立运动功能较好、无远距离出行任务的患者一般都使用较轻的手动轮椅,如果需要远距离出行,另外配置的电动牵引装置(图13-29)能满足这一要求。这种电动装置可允许患者自由拆装,安装时患者即可操控该装置快速行驶数十千米,可大大扩大患者的活动范围,为患者工作和社会交流提供良好的条件。



图 13-29 手动轮椅电动牵引装置

### 四、电动轮椅的控制系统

电动轮椅的控制系统是电动轮椅的“大脑”,是接收患者控制信息并控制轮椅运动的核心部

件。一般的电动轮椅控制器包括总成电源开关、速度调节按钮、操控器等。总成电源开关的设置和轮椅主控制器类型相匹配。若主控制器为手握摇杆式操控器（图 13-30），总成电源开关一般集成在控制器上，且多为点击按键式开关。若患者手功能和上肢功能都不足，会选择下颌控制轮椅、声音控制轮椅、头控制轮椅等，这样的轮椅可配备微动开关（图 13-31）。微动开关可灵活装配在方便患者操控的位置，如可以用



图 13-30 电动轮椅摇杆式控制器



图 13-31 微动开关



图 13-33 总电源开关设置在下颌控制杆旁边，方便患者用下颌控制电源开关

束带固定在头靠上（图 13-32），患者只需用头触碰一下即可开启或关闭电源。下颌控制轮椅的电源开关设置在控制器旁（图 13-33）或与手动控制器集成在一起（图 13-34）。

电动轮椅操控器是患者控制轮椅行驶和变换路线的重要部件，一般有两种类型。一种为定速控制器。在开启电源总成开关后，使用者通过操纵杆可以控制轮椅运动方向，向前推动操控杆可使轮椅向前行进，向后拉动操控杆可



图 13-32 用弹性束带固定微动开关于合适位置



图 13-34 下颌控制电动轮椅的总电源开关和手动控制器集成



使轮椅后退，但轮椅移动的速度基本不受推操控杆幅度的影响。如果要调节轮椅行进速度，只能在三种预设的速度之间选择切换，预设速度一般分快速、中速、慢速三种。定速控制器一般和有刷电机联合使用，有刷电机在电源关闭后带有自锁功能，因此，有自动驻坡（制动）功能，但一般都另外设有手动开关以在必要时解除此功能，以便手动推行。第二种是比例控制器。比例控制器既可控制轮椅行进方向，又可根据自身需要通过推动控制器的幅度来控制轮椅行进速度，操纵杆的推拉幅度越大，轮椅行进速度就越快。比例控制器一般和无刷电机联合使用，无刷电机无驻坡功能，需另外增加物理制动装置。但目前使用最为广泛的仍然是定速控制器和有刷电机，自动驻坡功能可极大地方便使用者控制轮椅在各种路面上行进和临时停车，尤其是在坡道上的控制更为方便，而无刷电机在坡道上可能会出现不受控制的溜车现象。

### 五、电动轮椅的发展趋势

随着机器人技术、人工智能技术和传感器技术的进步，电动轮椅的研究朝着高性能、多功能、智能化和人性化的方向发展。智能轮椅不但可以为残疾人和老年人提供良好的代步工具，而且具有自主导航、自主避障、人机对话等功能，可以大大提高使用者独立生活、娱乐和工作的能力，使之更好地融入社会。

智能轮椅从早期简单赋予的行进、停止、转弯和速度控制，到目前的可卧、可躺、可站立、可上楼梯，再到现在即将成熟的人机交换界面控制的智能装置；从手握操纵杆控制轮椅，到现在患者可以用呼吸、语音、头部运动、眼部生物电活动、手势等多种方式控制模式，再到自动控制、导航定位、自动巡航、远程交互、实时生物指标监控等，高级功能即将成熟。

智能轮椅控制系统的研究主要集中在导航、控制、能源系统以及人机接口等几个方面。导航系统基于电子地图和定位系统，工作时在局部空间里通过自身配置的超声波、红外线、激光雷达等传感器实时自动定位技术确定自身的控制位置、方向和环境信息，外出时还会有卫星导航系统帮助确定自己所在位置，两者结合进行精确导航。在轮椅运行过程中，智能轮椅的计算机系统对收集的环境数据进行综合计算、处理，并根据分析出的自身与环境之间的动态变化数据建立一个新的指令，做出最优路径选择，并可实现规避空间中固定或移动的物体等复杂因素。

人机接口技术是目前各国针对辅助器具和康复训练设备研究的重点方向，是人和计算机交互的高级技术。目前使用者操控轮椅的具体交互方式依然是在手动操作杆式控制器上增加一些控制界面和技术。近年来，随着各国科学家的潜心研究，越来越多的生物控制技术出现，使用者也有了更多的方式和轮椅等辅助器具进行互动交流，如语音识别、头部运动、鹰眼、呼吸驱动等技术。患者借助鹰眼系统通过转动和眼球凝视即可控制计算机屏幕上的光标，并通过延长凝视时间进行命令选择。此系统是基于测量眼电图或眼压技术实现的，适合四肢重度瘫痪并丧失言语功能的患者使用。呼吸驱动技术有较高的实时性，该系统利用线性输出的差动空气流体传感器检测患者呼吸的强度和方向，并根据其所表达的信息控制轮椅，一般吹气为前进指令，吸气为停车或后退指令。语音识别技术通过对使用者语音的音韵和调韵信息进行特征提取、模式匹配及模型训练技术等实现轮椅语音控制，但由于语音识别技术尚不够成熟，该技术还有待进一步研究。

智能辅助器具和智能轮椅的研究还在快速进行中，未来的产品还将更加方便使用，总体



上智能轮椅的研究和发展趋势有以下特点。

**1. 智能化** 智能轮椅必须综合应用各种智能化人机交互控制技术，处理过程需进一步优化控制算法，实时化程度会大大提高，未来产品会实现自然语言控制下的随意交互控制。

**2. 人性化** 研究人员应充分考虑使用者具体的身体失能特点和残留功能，并根据其具备的功能设计出安全、舒适、合理的多功能智能轮椅，如满足轮椅高度调节功能、站立功能、卧位休息功能、巡航功能、舒适驾驶功能等；并配备智能压力感应和压疮预防坐垫，具备警报功能和尽量简明的轮椅操作方法等。

**3. 模块化** 智能轮椅具有环境多义性和高智能性等特点，模块化概念的引入为推动智能轮椅实用化进程提供了新的思路，是快速缩短智能机器人和轮椅设计研发周期以及降低制作成本的有效途径。

随着人工智能、模式识别、图像处理、计算机技术和传感器技术的发展，智能轮椅技术

即将成熟，其功能正日益完善，即将越来越多地为患者和老人提供更加贴心舒适的服务。

## 六、电动轮椅在交通工具上的固定

脊髓损伤患者乘坐汽车、火车或地铁时都会面临躯干控制问题。在车辆行驶过程中，即使很小的颠簸、转弯或缓慢停车都有可能让患者失去原本稳定的直立坐姿，因此，安全带是保护患者必需的设施之一，如果有安全座椅则是更好的选择。当然，轮椅放在高速交通工具上时，特别是固定型轮椅，不管患者是否依然坐在轮椅上，都要用锁止装置把轮椅固定好，以免发生安全事故。有些交通工具如地铁、残疾人大巴车等允许患者坐在轮椅上，这种情况下更要确保使用轮椅锁止装置，并且还要固定好轮椅安全带固定患者；不仅要防止轮椅发生滑动、摇摆、倾倒，还要保证患者安全。但一般不推荐患者坐在轮椅上，最好转移到座椅上就座并进行必要的安全固定。

（蔡可书）

# 第十四章

## 轮椅操控与汽车驾驶

轮椅对脊髓损伤患者来说非常重要，尤其是完全性脊髓损伤患者，在一定程度上来说，轮椅就是他们余生的腿。有了轮椅，患者可以借助手的帮助，实现远距离转移，可以去参与工作、学习、娱乐等很多社会活动。由于轮椅对路面的要求较高，而正常环境无法满足完全平地的要求，所以患者有必要掌握一些特殊的轮椅使用技巧才能获得更为广阔的活动范围。尤其是手动轮椅使用者，良好的轮椅操控能力是实现更大程度功能独立活动的基础。对四肢瘫患者来说，灵活地操控电动轮也是他们需要好好学习的基本技能。

脊髓损伤患者选用何种轮椅，选择何种款型的轮椅主要取决于其自身的脊髓损伤平面和损伤程度。当然，在伤后不同阶段选择轮椅时的考虑也有所不同。回归家庭和社会时选择轮椅需考虑患者的主观意愿、年龄、职业等，但这些决定都需依据对患者能力的大致判断。下面就介绍一下四肢瘫和截瘫患者能够达到的最高轮椅操控水平。

$C_1 \sim C_4$ ： $C_1 \sim C_4$  损伤的四肢瘫患者可使用下颌控制或嘴巴控制的电动轮椅。虽然目前已经研制出声控电动轮椅，但实际使用时还有一些不足之处，主要是动作的及时性和准确性稍差。如果患者的生活和工作环境中楼梯，或者在远行时要把轮椅放入行李车中，最好使用由他人推行的手动轮椅，这样会更加方便。

$C_5$ ： $C_5$  损伤的四肢瘫患者首选手控电动轮

椅 [ 摇杆控制器 (Rocker Controller) ]，也可以在光滑平坦的地面推动手动轮椅，但随时可能需要帮助。

$C_6 \sim C_8$ ：大部分  $C_6 \sim C_8$  损伤的四肢瘫患者首选手动轮椅，但很少有人能够达到较高的轮椅操控能力，绝大多数患者在复杂的地面行进时都需要帮助。至少在开始时即使做一些简单的动作如转弯都会有相当的困难。 $C_8$  损伤的患者上肢和手的功能较好，相比  $C_6$  损伤者有较强的轮椅操控能力。但若是要远距离或复杂路面转移，这些患者都需要选择电动轮椅。

截瘫：截瘫患者多会选用手动轮椅，因为他们相比四肢瘫患者都拥有较好的上肢能力和较高的轮椅操控能力。经过训练，很多截瘫患者可以灵活地完成上下斜坡或越过不平路面的任务。控制能力较好的患者还可以操控轮椅上下楼梯，过马路牙（路边石）、草坪、坡道，或其他更加复杂的动作。

### 第一节 手动轮椅操控

脊髓损伤患者使用手动轮椅，需要学会一些基本的轮椅使用技术。例如双手握持手轮圈的方法，用力的方法，操纵轮椅直线前进或后退、曲线前进或后退、弧形转弯，刹车的使用方法和注意事项，扶手和脚踏板的打开和复位，轮椅转弯绕过障碍物，轮椅坐姿的检查和调整，轮椅坐位臀部减压，轮椅在室内狭窄空间内的

活动等。除了这些基本的使用方法，还需要教会患者、家属和照护人员认识轮椅构造，学会轮椅各个部件的操作和维护方法，知悉基本的维修知识；更重要的是，要教会他们辅助操控轮椅的方法和技巧，尤其是教会患者上下楼梯等有一定危险的转移辅助技巧。

脊髓损伤患者需要学会在不同环境中操控手动轮椅的能力，以及各种日常活动中必要的使用技巧。患者室内外活动都会遇到不同的复杂环境，所以他们不仅要掌握基本的轮椅使用方法，还要学会处理特殊困难的技巧。例如，患者操控手动轮椅在局促环境中的各种活动都应该掌握，如进出卫生间、出入厨房、坐在轮椅上使用厨具、原地转弯、后退绕过障碍物、过狭窄通道、轮椅上减压等。室外活动脊髓损伤患者应该积极参与，虽然开始的时候很多患者会有心理抵抗，但随着能力的提高和参与的增多，他们会乐于更多地接触他人和社会。此时他们会逐渐认识到各种轮椅操控技巧对他们生活的积极影响，并且，掌握了这些诸如前轮抬起、上下斜坡、上下楼梯等技巧后，他们和外界交流的信心也会提高。在住院期间需要教给患者的基本轮椅操控技巧主要包括后轮平衡、过小障碍物、上下斜坡等。还有一些更高难度的技巧比较适用于活动能力较好和有广泛社会活动的患者，包括独立上下路边石、上下楼梯、轮椅后倾倒保护、后倾轮椅恢复直立、从地面重新坐上轮椅、上下汽车等。

不同脊髓损伤平面患者的躯体能力有很大差异。颈髓损伤患者躯干、上肢和手功能都可能受到影响，患者坐位平衡差、手指的握力不足等会导致操控轮椅的能力下降，如患者驱动轮椅的速度较慢、转弯和停车动作都不灵活，所以康复治疗过程中需教会他们一些简单的技巧。例如，在进门后有右转弯动作时，患者可在轮椅驶近门的位置时伸出右手抵住墙角

来降低右侧车轮前进速度以实现转弯（图 14-1），这样就免去用手握住手轮圈降低同侧轮圈速度、同时对侧手快速驱动轮圈进行拐弯的麻烦，大大节省能量。截瘫患者双上肢和手功能良好，躯干功能也有不同程度的保留，他们可积极尝试训练轮椅高级技巧，以满足室外复杂环境中的使用要求。



图 14-1 用手推触墙角代替双手协调来改变轮椅前进方向

## 一、前轮离地后轮平衡技巧

前轮离地平衡，也就是只用后面两个轮子着地并保持平衡的状态，是高级轮椅操控的基本技巧。患者要达到的目标是独自操控轮椅抬起前轮后并保持动态平衡状态（图 14-2）。患者若能非常熟练地掌握该技巧，他们就可以更加方便地驾驶轮椅安全顺利地上下陡坡、上下路边石（马路牙）、越过小的障碍物或地面间隙等，也可以在狭小的空间内转圈，甚至可以完成连续下多级台阶等非常有挑战性的活动。

### （一）前轮离地动作的实现

根据物理学原理，利用向后运动的惯性和（或）快速向前的加速度可使轮椅绕着轮轴出现向后的转动惯性，进而实现轮椅前轮抬离地面。由于人体坐在轮椅上时，整体重心高于轮椅主轮轴，在轮椅向后运动过程中或静止状态下突然在手轮圈施加向前的加速推力时，

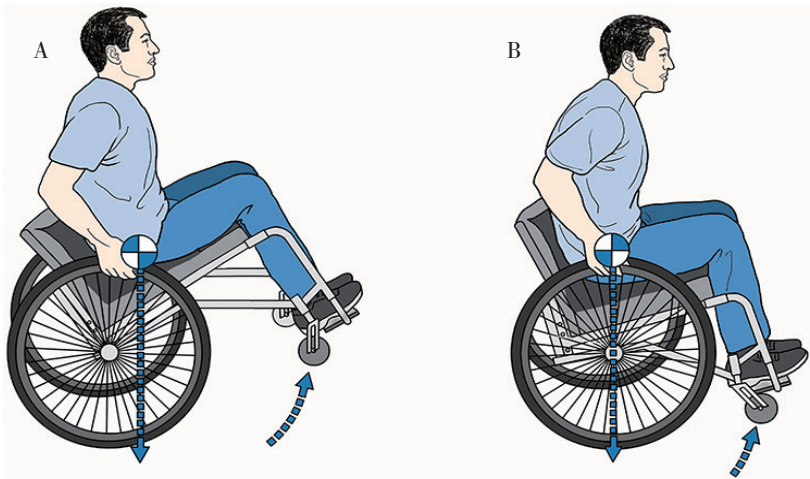


图 14-2 后轮轴位置对实现前轮离地动难度的影响

患者和轮椅的惯性作用使之有保持静止的趋势，而轮椅的轮轴却要随着手轮圈向前运动，轮椅座架就会绕着轮轴向后旋转，前轮就会离开地面。

初学阶段，一般教患者先向后拉动手轮圈，使轮椅缓慢后退，然后再猛然向前推就可以非常容易地抬起前轮。经过不断的训练，患者会逐渐提高操作技巧，也会越来越容易地完成前轮离地动作。熟练的患者可在轮椅不做后退动作的情况下，直接快速向前推动手轮圈就实现前轮离地动作，甚至可以在轮椅前进过程中通过轻推和躯干快速灵巧的轻度后伸动作就实现前轮离地。轮椅前进过程中前轮快速离地动作是高级轮椅操控技巧中很重要的部分，这在患者驱动轮椅快速越过小障碍物、上下路边石或下斜坡等复杂情形中有极其重要的作用。患者要实现前轮离地动作需要训练一段时间，但要和前轮离地后仅靠后轮平衡的训练结合起来。

**（二）保持后轮着地平衡**

和我们骑自行车相似，与轮椅后两轮着地平衡不同的是由保持左右方向上的平衡变为保持前后方向上的平衡。患者坐于轮椅上要保持良好的两轮平衡状态，就必须使自身和轮椅座架的重心精确地落在后轮轴和地面连线上的某点上，也就是必须落在后轮轴正上方。如果重

心落在后轮轴的前面或后面，轮椅就会向前或向后失去平衡。患者就要及时向前或者向后推拉手轮圈调节重心。如果轮椅有向前倾的风险而患者反应不及时，轮椅就会前倾而恢复四轮着地状态，这种情况一般不会有太大危险，仅可能会影响高位脊髓损伤患者的坐位平衡。这些患者躯干肌麻痹，不能有效维持或恢复躯干姿势和坐位平衡，必须依赖上肢帮助保护自身安全。如果患者双手在手轮圈上所处位置不利于支撑，偶有向前倒下去的现象，患者只需迅速用双手扶住扶手或者轻轻向前推动手轮圈就可恢复良好的平衡状态和坐姿。如果轮椅出现向后倾倒的风险，而患者反应不及时则有较大危险，患者会后倾倒地，虽然一般不会受到伤害，但这对患者的心理有较大影响。患者出现向后倾倒所带来的最严重的影响是磕伤后脑，所以要特别重视训练过程中的保护措施。轮椅向后倾倒时患者可及时通过控制后轮圈来调节轮椅的平衡状态。患者要迅速向后拉动手轮圈，使轮椅轮轴迅速向后运动就可以恢复平衡或使前轮落地恢复稳定状态。

简单地说，如果在该过程中轮椅出现平衡问题，需要患者相应地驱动后轮来予以调节。要保持轮椅后轮平衡状态有两种不同的策略可以尝试。



第一种适用于初级阶段不熟练的患者，他们对失平衡状态的反应较迟、较慢，只有在轮椅进入加速前倾或后倾旋转时才会有较僵硬的推拉轮圈动作，甚至有人做出的动作与应有动作相反而加速倾倒过程。患者在感觉到轮椅出现向前倾倒的趋势时，只需适度向前推动手轮圈就可予以纠正；患者在感觉到轮椅出现向后倾倒的趋势时，只需适度向后拉动手轮圈就可予以纠正。如果患者调整后轮圈的力度和幅度恰当，轮椅就可以始终保持良好的平衡状态。初学者最显著的问题就是感知失平衡状态的时间比较滞后、动作反应不恰当，出现矫正动作过大、过猛而导致调整不当的现象，甚至会有调整用力过度而出现向相反方向倾倒的危险。

第二种策略适用于较为熟练的患者。患者操控轮椅前轮离地状态时，可以用头颈或上半身的微小动作来调节平衡，此时双手可不做动作。如果该法无效，再通过双手快速地前后推拉手轮圈来调整重心，维持平衡。

通过驱动手轮圈前后调整重心的方法最为常用。该过程中，后轮和地面的接触点不停地前后变化，这样就相当于增大了轮椅的动态支撑面积，更容易形成稳定的平衡状态，平衡就更容易掌握。另一个更有说服力的解释是患者通过手部用力掌控轮椅时就可以感知轮椅是否会失去平衡，这一敏锐的感觉会更给患者提供早期轮椅失平衡的信息，而无需依赖视觉、本体感觉或前庭感觉来感知。

### （三）影响前轮离地难易程度的因素

轮椅的基本特征决定操控轮椅前轮离地的难易程度。有些轮椅，前轮仅需抬离地面一点点距离就可以保持后轮着地的平衡（图 14-2B），这样的轮椅只需后轮转过很小的弧度就可以很容易地达到平衡状态；但有些轮椅则需要转过很大的角度，前轮离地很高才能达到平

衡点，并且平衡也很难保持（图 14-2A）。

轮椅后轮着地平衡的难易程度首先取决于轮椅座基的长度，即前轮和后轮的距离。座基太长，轮椅和患者共同的重心相对后轮轴比较靠前，需要转动很大的角度才能达到后轮着地的平衡点。相反，座基较短，重心后移，只需转动较小的角度就可以达到后轮着地的平衡点。可调式轮椅的座基长度可以通过移动后轮轴在座架上的位置予以调节。后轮前移越多，轮椅就越容易实现前轮离地；后轮前移越少，轮椅实现前轮离地的困难就越大。如图 14-2B 所示的轮椅后轮轴靠前一些，座基小，轮椅较为容易实现前轮离地，并且前轮抬离地面的高度也较低；图 14-2A 所示的轮椅后轮轴靠后一些，座基大，轮椅实现前轮离地就稍难一些，并且前轮抬离地面的高度也较高。

和座基大小影响一致的另一种情况就是轮椅腿挡和脚踏板的重量及向前伸出的距离，这是影响患者坐在轮椅上时人体和轮椅重心分布的重要原因之一。轮椅腿挡和脚踏板重量越大，向前伸出距离越长，患者操控轮椅实现前轮离地的难度就越大，保持后轮着地平衡也就越困难；轮椅腿挡和脚踏板重量越小，向前伸出距离越短，患者操控轮椅实现前轮离地的难度就越小，保持后轮着地平衡也就越容易。由此可以看出，只要是影响轮椅重心分布的因素都会对实现轮椅前轮离地的难易程度产生影响。操控脚踏板前伸较多的医用轮椅比操控脚踏板近乎垂于坐垫前缘下面的轻质运动型轮椅实现轮椅前轮离地并保持平衡的难度要大很多。如果轮椅靠背后面配有背包，则可能会增加轮椅后倾的容易程度。重心分布还可用改变靠背后倾角度的方法来调节，增大座椅靠背后倾角度，重心就会后移，就容易实现前轮离地动作；反之后倾角度小，重心比较靠前，实现前轮离地动作就比较困难。当然，座椅靠背允许调节的

范围很小，后倾角度超过  $15^{\circ}$  会严重影响患者自己操控轮椅的能力，同时还会因坐姿不良出现其他继发问题。

当然，影响轮椅前轮离地难易程度最明显的因素是后轮轴的位置。普通轮椅的后轮轴一般设置在座基后缘下方，这种轮椅的座基面积大，相对比较安全；但驱动起来需要患者上肢后伸角度稍大，操控难度一般，患者独立实现前轮离地动作有点困难。后轮轴也有更为靠后的轮椅，这种轮椅座基更大，往往靠背可以放下至平躺位，适用于重症、老年、体弱或损伤早期，且需要他人护理或帮助的患者；患者独立操控的难度非常大，基本无法实现前轮离地。后轮轴较为靠前的轮椅（轻便型运动轮椅一般都属于此类）座基小，要求双上肢后伸角度小，操控起来非常省力，很容易实现前轮离地动作，但操控过程中容易出现后倾翻倒现象。

轻便型轮椅操控起来较为轻松，患者自行操控也非常容易实现前轮离地状态，但要求患者有良好的平衡掌控能力，如果操作不当，后翻倒地的危险性还是很大的。后翻倒地的情况多发生在上斜坡或者突然改变操控策略时，完成这些动作时，合适的轮椅座面旋转角度取决于上斜坡时患者身体前倾的角度和患者操控轮椅的技巧。使用轻型轮椅要有很高的技巧性，刚开始使用时很难掌控好，因为这相比轮轴更加靠后的轮椅带来的危险性会加大，患者只有不断尝试并逐渐认识到轻型轮椅对他们生活的便利性，他们才会不断尝试提高自己的轮椅操控技巧。

## 二、上下路边石或台阶

路边石和台阶是脊髓损伤患者在日常生活中最常遇到的障碍。一般情况下，患者很难独自克服上下路边石或台阶的困难，但如果患者

能掌握较好的两轮平衡技巧，在解决这些问题的时候会很有帮助。

### （一）上路边石

患者外出时要驶上路边石（Ascent The Kerb），可以自己操控轮椅直接驶上（图 14-3），也可以借助街边路灯杆或行道树完成上路边石（图 14-4）。驱动上路边石之前，首先要调整轮椅，使之垂直面对路边石，然后抬起前轮并使之先置于路边石上。如果需借助路灯杆或行道树的帮助，患者需一手拉路灯杆或行道树，一手拉手轮圈，拉手轮圈的手向前上方用力，拉路灯杆的手同时向后方用力，双手共同作用使轮椅驶上去。在没有路灯杆、没有小树或其他物体可以借助的情况下，患者如何驱动轮椅驶上路边石呢？这就要考验患者的高级驾驶技能了，因为这可能要依靠速度和惯性驶上去，或者要借助强有力的上肢。利用惯性上路边石需要很好的技巧，要快速地进行各种动作的转换，以免危险发生。利用惯性上路边石的具体做法如下：首先，驱动轮椅正面朝着路边石前进，在前轮快接近路边石的时候快速使前轮离地；在前轮刚搭上路边石的一刹那，快速前倾躯干，使轮椅前轮落于路边石上，同时双手继续驱动轮椅前进，使轮椅后轮攀上路边石；然后缓慢减速，最后坐直身体，整理坐姿。该过程中需要注意的问题有以下几点：

1. 对路连石高度进行评估，允许高度应和轮椅前后轮轴距长短成正比，最高一般不超过 12cm。
2. 前轮离开地面的时机要精准。
3. 前轮离地高度要足够，否则，前轮会碰到路边石使轮椅突然停止而把患者甩出轮椅。
4. 前轮落于路边石上的时机、后轮碰到路边石侧面的时间、前轮落于路边石上的时间应该稍晚于身体主动前倾动作，二者配合要精准。
5. 后轮碰到路边石后患者应继续驱动轮

椅，趁着惯性作用顺势上去。

6. 为了安全起见，最后发出的力量最好是在身体前倾之前双手就置于手轮圈较后位置，



图 14-3 患者操控轮椅直接上路边石

一方面可以防止身体在轮椅突然遇到障碍时滑出坐面，另一方面更便于双手使劲向上拉动手轮圈。



图 14-4 患者借助路灯杆或行道树把轮椅拉上路边石

## （二）后向下路边石

下路边石（Descent The Kerb）可以正面向下，也可以后向下。但相对来说，如果路边石不高，后向下更加容易一些。下之前，患者应做好准备工作，先把轮椅的两个后轮平行置于路边石的边缘，然后身体尽可能地前倾，再向后驱动轮椅，待后轮开始驶下牙石时，双手紧握手轮圈，控制轮椅下滑的速度，缓慢下来（图 14-5）。此种方式适合后轮轴较为靠后的轮椅，因前后轴间距较长，轮椅不容易出现后翻倒地。轻便型轮椅前后轮轴轴间距较小，如果牙石高度较高，就会使轮椅后翻。



图 14-5 驱动轮椅后向下路边石

## （三）前向下路边石

前向下路边石需要患者掌握良好的轮椅操

控技巧。前向下路边石前，患者要在靠近边缘处完成前轮离地、后轮平衡动作，然后驱动轮椅前行，并在两轮平衡的状态下驶下路牙（图 14-6）。初学者常犯的错误是在后轮圈触及路边石边缘前就前倾身体，想恢复四轮着地状态，这是害怕轮椅后倾翻倒的反射性动作。采用这种方式下路边石，如果轮椅后轮能及时下来，在前轮着地前落到路面上，患者是安全的；如果身体提前前倾，以至于前轮早于后轮落地，就会明显增大危险；最严重的是前轮在后轮尚未驶下路边石前着地，这种情况下轮椅本身就会出现前低后高，且脚踏板会被卡在紧贴路边石的路面上而出现向前翻车或患者从轮椅上滑落的现象。正确的做法是在整个过程中都保持重心基本落在后轮轴上，待后轮落地后再轻度前倾身体并减慢轮椅前行速度，使轮椅前轮平稳着地。轮椅操控能力较好的患者，可在轮椅后轮下来之后依然保持后轮平衡的姿势。

前向下路边石时，轮椅行进的速度对稳定性有一定的影响。一般情况下，如果患者操控轮椅的能力较强，轮椅下牙石时的速度可快可慢。如果患者操控轮椅的能力较差，轮椅下牙



石的速度稍快一点更为安全，这样可大大避免前轮先着地的情况。



图 14-6 患者独自驱动轮椅前向下路边石

（四）后向上台阶

患者操控轮椅上台阶是相对比较困难的活动，这需要患者有良好的上肢力量和双上肢协调配合能力。后向上台阶需要有一侧扶手。患者把轮椅贴紧扶手背对台阶，同侧手抓住扶手并用力向下拉动，另一侧手跨过身体抓住靠近扶手一侧的手轮圈前上方约 10 点位置并用力向上拉动，两手和上肢用力配合，即可使轮椅逐个驶上台阶（图 14-7）。



图 14-7 患者独立借助扶手独自操控轮椅上台阶

（五）后向下台阶

轮椅后向下台阶无需做后轮平衡，是比较容易掌握的轮椅技巧，但需要良好的上肢力量和心理素质。后退式下台阶法适合于下有安全

扶手的台阶。患者在下台阶前需要调整轮椅和扶手关系，一只手握住安全扶手，另一只手握住轮椅手轮圈，双手配合控制轮椅下台阶（图 14-8）。在下台阶的过程中，双手协作共同控制轮椅下行的节奏和速度，握持安全扶手的手还需维持轮椅稳定，保证轮椅不会发生后翻倾倒。



图 14-8 患者借助扶手独自操控轮椅下台阶

（六）前向下台阶

和后向下台阶的技术基本相同，患者双手协调即可完成轮椅缓慢前向下台阶的动作。若患者操控轮椅的技巧非常熟练，尤其是前轮离地、后轮平衡能力很好的患者无需扶安全扶手就能下来多级台阶（图 14-9）。这一技术动作的要求和下路边石基本相同，只是在下每一级台阶时都必须保持良好的轮椅平衡状态。连续下多级台阶有一定的危险性，一般不推荐患者使用。操控轮椅连续下台阶的过程中，在轮椅下到下一级台阶上时，如果轮椅出现前倾趋势，患者可继续驱动轮椅下下一级台阶；如果轮椅出现后倾趋势，患者只要抓住手轮圈向后轻轻拉动即可，后轮会卡在后面较高的台阶前缘而无法继续向后转动，双手抓住固定的车轮就可以调整身体的平衡状态。下台阶过程缓慢，患者需要更多地调整身体平衡，熟练的患者可以一直保持轻微的轮椅前倾状态快速地连续下多级台阶。练习前向下台阶一般从 1~2 级台阶



开始,然后逐渐增加台阶级数。台阶级数越少,连续下来越容易;台阶级数越多,连续下台阶就越要注意安全。本技术对台阶的要求较严格,台阶宽度较大时才便于患者缓慢下来,否则,患者无法控制轮椅在一阶台阶上的停顿,就会迅速地从高处快速驶下去,这是非常危险的。



图 14-9 患者独自驱动轮椅前向下数层台阶

### 三、上下斜坡

驱动轮椅上下斜坡是轮椅使用者经常面对的难题,平坦地面还好,不平路面或草地对使用者来说具有相当大的挑战。如果是平坦的、坡度不大的斜坡,患者可以采取四轮着地的方式上下斜坡,可以正向,也可以后向下来。如果要下坡度较大坡道、崎岖斜坡,或者草地坡道,患者最好能在保持前轮离地的状态下驶下



图 14-10 患者后倾身体双手控制轮椅前向驶下斜坡

来,最好请求别人帮助。

#### (一) 前向下斜坡

如果斜坡坡度较小,患者在下坡前先停稳轮椅,把臀部前移,身体轻度后仰坐在轮椅内,然后双手握住手轮圈控制下坡速度(图 14-10)。同时需要注意的是患者在轮椅驶入下坡道后头颈一般还需后仰以保证重心尽可能向后。双手握住手轮圈的力量要适度,允许轮椅匀速缓慢下行。下坡前臀部向前调整的距离不要太大,且在下斜坡过程中身体后倾角度也不宜过大,以免臀部滑出轮椅座面。患者驱动轮椅四轮着地下斜坡时,如果前轮陷进凹坑或者被草缠住,就会导致轮椅翻车,患者可能会被甩出轮椅。即使斜坡比较平坦,若坡度很大,也可能出现类似的情况,斜坡与平地交界处可能会把轮椅前轮卡住。

患者若要下不平坦坡道、草地坡道或坡度太大的坡道,最好的方法还是采用前轮离地、仅用后轮着地并保持良好平衡姿势的方式下来。前轮离地下斜坡的方式(图 14-11)需要双手保持一定力度地握持手轮圈,以控制轮椅下行速度。行进过程中双手尽可能地保持一致用力,避免轮椅倾斜。下行距离过长时,手与手轮圈之间的摩擦会烫伤手部皮肤,所以,最好佩戴防滑手套。



图 14-11 患者保持前轮离地平衡驶下斜坡

## （二）后向下斜坡

正面下斜坡时很多患者会有恐惧感，或者身体后倾角度过大、前向下坡容易出现臀部向前滑等情况，故部分患者可能需要采取后向下斜坡的方式。后向下斜坡时患者无法观察背后的地面条件，所以下坡前要做好详细的准备工作。当轮椅后退进入坡道前，患者应前屈身体，尽可能地把躯干贴近大腿，然后双手控制手轮圈下滑，缓慢驶下斜坡。驶下斜坡的过程中不可突然停止，如果下滑速度突然减慢或停止，则会出现后翻倾倒。所以一定要稳定下坡速度，匀速缓慢下行。



图 14-12 患者身体前倾，双手控制轮椅后向驶下斜坡

## 四、轮椅训练的保护策略

训练高级轮椅技巧多涉及轮椅在特殊情况下的使用，有一定的危险性，所以训练过程中需要提供必要的监护和保护措施以保证患者安全。在教患者训练这些轮椅技巧的开始阶段，物理治疗师必须及时地判断患者可能出现的危险，并在必要时给予帮助和保护。治疗师要清楚患者在训练轮椅技巧时可能出现的意外情况。例如，在训练前轮抬起或保持后轮着地平衡时、背向下路边石时、正向上路边石时和背向下斜坡时很可能向后倾倒，而在正向四轮下路边石时、背向上路边石时和正向四轮下斜坡道时很可能向前跌落或滑落轮椅。所以，在患

者做这些训练时，物理治疗师需要提前做好准备并站在相应位置提供密切的保护。并且，还不能对患者的技巧性训练动作产生过多的干扰和影响，以免增加患者的恐惧感或干扰患者动作的启动和保持。训练保护带可以提供较好的安全保障，该带子可以系在轮椅车架底部并向后绕至背后（图 14-13），由治疗师握住。如果轮椅后倾角度过大，有向后翻倒的趋势时，治疗师向上提拉保护带就可以让轮椅恢复四轮着地状态。保护带适合在轮椅活动范围比较大时对患者进行保护。另外还有两种轮椅训练时的保护方法，但多用于训练前轮离地动作的实现和后轮着地平衡的保持时。一种方法是治疗师站在患者轮椅后面，在患者可能出现后倾跌倒时用手拖住轮椅推把（图 14-14），防止后倾落地；而在轮椅前倾恢复四轮着地时扶住患者身体，防止患者身体过度前倾或滑出轮椅。坐位平衡较好的患者可以采用绳子悬吊的方式予以保护，绳子一端系在轮椅把手上，另一端悬吊在网架或房梁上（图 14-15），并适当放松 15~20cm 的长度，让患者在悬吊点下方训练前轮离地平衡技术。

防倒杆是安装在轮椅后下方的防范装置，可防止轮椅后倾翻倒（图 14-16）。虽然防倒杆能够提供安全保障，但在患者练习高级轮椅操控技巧时却不能使用，训练时需取下或旋转至反向位置。在患者掌握轮椅操控技巧后可去除防倒杆。使用防倒杆时有一些重要的注意事项：防倒杆在坡道路面无效，尤其是在正面上斜坡或后向下斜坡时无效；下坡度较大的斜坡时，在坡道与平地交界处可能会和前轮一起触地而减小后轮与地面接触的力，甚至会出现后轮无法着地的现象。在崎岖路面也可能会有这种情况，如果出现这种情况，将会影响轮椅驱动。





图 14-13 物理治疗师借助系在轮椅后下方的带子提供保护，帮助患者学习两轮平衡技巧



图 14-14 物理治疗师站在患者身后，随时为患者提供安全保障，用手托住轮椅推把，以防跌倒



图 14-15 用悬吊的绳带为患者提供保护



图 14-16 轮椅防倒杆

由于防倒杆的使用有一定的条件限制，并且活动需求较为激进的患者大多不愿使用防倒杆。但生活环境中的很多情况可能会给患者带来一定的风险，因此掌握轮椅后倾倒时的防护技巧和恢复轮椅坐姿技术非常重要。

一般情况下，患者坐在轮椅上双下肢会放置在脚踏板上，小腿后方有防止脚部滑落踏板的防护带或挡板。如果患者轮椅向后倾倒落地时，患者下肢可能会向身体方向快速靠近，膝盖可能会击到脸部，为了避免此类事件发生，应教会患者予以预防性训练。训练的重点是教会患者在轮椅后倾跌倒的瞬间快速转头，并把一侧上肢越过身体抓住对侧扶手或手轮圈，用穿过身体前面的上肢挡住下肢。

另外还需教会患者在后倾跌倒后自行恢复正确轮椅坐姿的方法。一种方法是患者倒地后不离开轮椅，直接从卧位恢复至坐位。具体方

法如图 14-17 所示。第一步患者需双手扶住轮椅或车轮，锁住刹车并把身体恢复为坐姿时与轮椅一样的位置关系。第二步是患者一侧上肢穿过身体前方并用手握住对侧手轮圈。第三步是身体向另外一侧转身，并用该侧上肢支撑地面，把身体和轮椅撑起，身体尽量转向地面，一步步把轮椅恢复至直立位，在最后关头用手快速支撑。第四步是继续向前转动轮椅并恢复四轮着地，患者重新调整身体至正常坐姿。另外还有一些方法可以使用，如患者可以逐渐向后挪出轮椅，坐在地面上调整轮椅位置，然后用后向（图 6-25）、侧向（图 6-24）或前向转身（图 6-26）的方法重新坐上轮椅。

## 五、手动轮椅辅助技巧

在手动轮椅使用过程中，如果患者遇到一些较大的障碍，如上下楼梯等存在很大风险的活动，家属和照护人员必须清楚如何给他们提供正确的帮助。所以临床物理治疗师需早期就开始对患者、家属或照护者提供必要的知识宣教，甚至对他们进行轮椅辅助技巧培训，这也是物理治疗师工作的重要内容之一。

一般情况下，轮椅技巧掌握较好的患者用前轮离地的方法可以跨越大部分路面障碍，因





图 14-17 从轮椅倒地恢复正常坐姿的方法

此，对他们来说防倒杆通常是不需要使用的，或者将其收起置于无保护作用的位置。在上下斜坡时，照护者或家属要特别注意的是不能因疏忽导致患者被甩出轮椅，需提供必要的保护。在下斜坡时，脚踏板可能会触到斜坡和平地交界处的地面导致轮椅意外骤停并发生前倾翻倒而把患者向前抛出轮椅的事故，家属和照护者需做好预防和应急准备。手功能较差的四肢瘫痪患者控制轮椅下坡速度的能力较弱，所以他们最容易出现上述危险。如果患者需要下斜坡，辅助者可在轮椅后方抓住轮椅推把，把轮椅适度后倾，控制轮椅下坡速度，或者用手向靠背方向拉

住患者避免患者身体前倾，同时控制下坡速度。

双人辅助患者下台阶时，一般不采用正面下台阶的方法，这种姿势可能会发生患者向前滑出轮椅的意外情况，尤其是前后配合不当时。可先把轮椅转过来背对着台阶，以后退方式下去（图 14-18）。这可能需要 2~3 个人的帮助，1~2 人在下（后）面向上抬着轮椅推把，一个人在上（前）面抬着轮椅座架前部，前后协调，逐级下台阶。但在辅助人手较少时，也可采用单人辅助正面下台阶。单人辅助正面下台阶时需先把轮椅后倾，用向后上的拉力控制轮椅下台阶的速度，逐级下去（图 14-19）。这一技



图 14-18 两人辅助使用手动轮椅的患者下台阶



图 14-19 单人辅助患者下台阶

术不宜下坡度很陡的台阶，因此过程中要求轮椅和患者的重心一定要处于轮轴的后方；辅助者本人也需明显降低自己的身体重心，以防轮椅出现前倾而使患者滑出轮椅。

辅助使用手动轮椅的患者上台阶时，需要 2~3 人的帮助，一般是让患者背对台阶，后（上）面的辅助者拉住轮椅推把并使轮椅后倾，然后和下台阶过程相反，上（后）面的辅助者一边后退一边向上抬拉轮椅，下（前）面的人跟着向上抬送，这样就可以把轮椅一级级驶上台阶（图 14-20）。在辅助上下台阶过程中，辅助者可以像前面描述的一样在前轮抬起的状态下逐级上台阶，也可以由多人抬上去。若是他人辅助法，则鼓励患者积极主动参与上下楼梯的过程，双手握住手轮圈帮助用力，减轻辅助人员的负担。上台阶过程也可以单人辅助，一般采用背对台阶握住推把逐级拉上台阶的方法，姿势和下楼梯基本一样，但辅助者一定要尽量降低和后移自身身体重心，以方便用力，并可预防危险。



图 14-20 两人辅助手动轮椅患者上台阶

辅助患者上路边石时，轮椅应正面向前推上去。先是辅助者向后下压把手，使轮椅前轮离地，然后向前推动轮椅先使前轮攀上牙石，在后轮触及牙石时用力上提把手，同时向前推，就可以把后轮驶上路边石（图 14-21）。整个过程比较缓慢，切不可快速迅猛地完成这一系列动作，以免在车轮撞击到路边石的时候因为

惯性作用而把患者从前面滑落到地上。当然，也可像单人辅助上台阶一样背对路边石由辅助者拉上去。



图 14-21 单人辅助患者上路边石

## 第二节 电动轮椅的选择与操控

### 一、电动轮椅的选择

大部分脊髓损伤患者手功能良好，都可以用手来操控电动轮椅，而颈髓损伤患者可能因手功能的下降和缺失而需要其他形式的操控方式。

一般情况下，脊髓损伤患者可操控电动轮椅在平地上安全行进，也可以上下大部分的坡道，但绕过平面上的物体或越过突出地面的障碍物时可能会遇到挑战。 $C_1 \sim C_4$  损伤四肢瘫痪患者需要经过一段时间的训练才能学会使用下颌或嘴巴等控制电动轮椅， $C_5$  损伤的患者可以使用经过改装的手控装置电动轮椅，这些患者的肩、肘关节力量薄弱，操控电动轮椅还会存在一定困难。

颈髓损伤患者手和上肢功能是影响他们操控电动轮椅的重要因素，可以根据患者的实际情况对操控器进行适当改造或选择。 $T_1$  平面以下脊髓损伤患者的手功能良好，可以稳定握持杆状控制器（图 13-27）操控电动轮椅。 $C_8$  平面损伤的患者手握持能力下降，无法稳定握持杆状控制器来操控轮椅，但可能有较好的球状



抓握能力，可以把杆状控制手柄改造成球形控制手柄（图 14-22）。C<sub>6</sub>~C<sub>7</sub> 颈髓损伤患者的手无明显握持能力，难以握持和控制普通的操控杆，但他们残留的肩肘关节主动运动功能可以引导腕手前、后、左、右运动，如果把操控杆改造成为 U 形结构（图 14-23），患者就可以把手掌卡在 U 形结构内操控电动轮椅，甚至还可以用这种设计帮助患者实现汽车驾驶。电动轮椅操控杆的控制动作除了要求患者有手部固定作用外，还需要肩、肘、腕关节有一定

的主动功能。肩关节的前屈、后伸、内旋和外旋是掌握轮椅操纵杆的重要动作要素之一，肘和腕的主动运动可提高对操控杆控制的稳定性。如果患者上肢和手的功能不足以实现以上功能，建议患者使用下颌控制轮椅（图 14-24）、头部控制轮椅、口唇控制轮椅、舌头控制轮椅等，呼吸功能良好的患者可以使用呼吸控制系统（图 14-25）控制电动轮椅，也可以用它来操控计算机操作系统进行学习和交流。



图 14-22 球形电动轮椅控制手柄

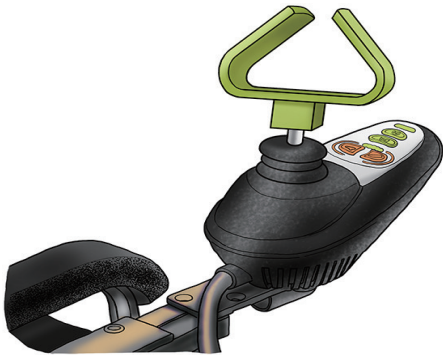


图 14-23 U 形手掌托式操控手柄

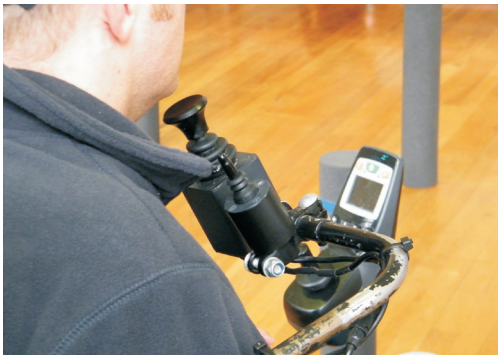


图 14-24 下颌控制轮椅



图 14-25 呼吸控制系统

二、电动轮椅的操控

电动轮椅的操控和使用需在不同地形情况下练习，因为患者不仅要在训练过程中学会控制操控器，还要学会面对将来可能会遇到的各种不安全环境因素。例如，驾驶轮椅通过曲线、弧形路面或者上下陡坡时会向前后或侧面倾倒。训练初期可以在平坦安全的篮球场或治疗室环境中进行，之后再转移到复杂地形环境

中训练。基本的电动轮椅操控内容包括平地直线前进、直线后退、曲线前进、曲线后退、左转弯、右转弯、绕障碍物（图 14-26）等。室外较为复杂的路面环境下的操控内容还包括上下小的坡道、越过低矮的障碍物或门槛、出入电梯、出入房间门等，还有一些室内的复杂环境需要训练，如模拟患者家庭内狭窄的通道。初期训练患者在复杂地形和空间内操控轮椅时



需要密切监护，必要时治疗人员要时刻站在轮椅旁边，保持高度警惕，防止轮椅倾倒，保证患者安全。大部分电动轮椅有紧急制动按钮，可由治疗或照护人员使用，在预防意外发生的紧急时刻触发可一键切断电源。

患者坐姿会影响他们操控电动轮椅的能力。高位损伤的四肢瘫患者没有主动调整身体姿势的能力，完全依赖他人帮助；轻微的身体姿势变换，尤其是躯干和上肢体位发生改变，患者掌握操控器的能力就会大大下降，甚至无法操控轮椅。身体姿势或肢体位置的变化往往发生在穿越颠簸崎岖路面出现左右摇晃或碰撞到障碍物时，常见的现象是躯干偏歪向一侧和操控侧上肢向前或向一侧滑动或从前臂支托架上滑落的情况。使用弧形靠背并辅以胸前固定装置（图 13-30）可有效限制躯干的自主活动，避免躯干产生较大范围的变化；使用凹形前臂支撑扶手可有效解决上肢移位或滑落的问题。下陡坡时还可能出现躯干前倾现象，严重的会向前跌下轮椅，可以使用胸带、臂带和环绕型靠背保持正确良好的姿势。可调整坐面和靠背倾斜角度，或者选用有轻度倾斜角的坐垫来保持患者稳定的轮椅坐位姿势。高位脊髓损伤患者使用后倾角较大的轮椅座面或坐垫能够有效利用臀部伸肌的紧张性来控制身体坐姿。允许躯干轻度后仰的靠背可避免患者在轮椅急停时出现身体前倾等不良现象。



图 14-26 颈髓损伤患者用下颌操控电动轮椅绕过障碍物

### 第三节 脊髓损伤患者驾驶汽车

现行《机动车驾驶证申请和使用规定》明确规定脊髓损伤患者经过康复训练达到一定的身体功能，并经过特殊驾驶培训后可以独立驾驶特殊改装汽车的。但是四肢瘫患者能否取得机动车驾驶证，需到指定医疗鉴定机构对身体功能进行鉴定后才能提出申请。新规定允许右下肢、双下肢缺失或残疾患者申领驾驶证，能够独立坐稳并能适应驾驶要求的患者，可以申请残疾人专用小型自动挡载客汽车准驾车型的驾驶证，准驾车型为 C5 型。新规定明确了右下肢、双下肢残疾人在申请驾驶汽车时应到由省级卫生主管部门指定的专门医疗机构进行身体检查，对其残疾程度、坐立能力、操作能力等进行专门评估；持有残疾人专用小型自动挡载客汽车驾驶证的，每 3 年以及驾驶证期满换证时，应当进行一次身体条件检查；一定要使用规定车型；在车身前部和后部设置专用标志；由专门机构或专业技术人员安装和拆卸辅助装置。

四肢瘫患者经过康复训练以及特殊驾驶培训可以重新驾驶特殊改装过的汽车，一般针对脊髓损伤患者的汽车改装只限自动挡微型小客车。汽车油门和刹车系统是改装的重点，目前由公安部门指定经过安全审核的厂家和经销部门出售和改装此系统（图 14-27）。其次就是对方向盘操控装置进行改装，球形握柄能方便患者灵活地操控方向盘，非常适合手功能良好的患者使用。如果患者手握力不足，则需要其他形式的改装，把球形握柄改成浅 U 形握柄即可，患者把手掌放在浅 U 形握柄上（图 14-28）就能方便地操控方向盘。普通的外开式汽车车门，或改装为遥控平移式都方便轮椅使用者进出汽车，大部分患者可独立进行轮椅和驾驶座椅之间的转移，配备旋转座椅的汽车更加

方便。也可拆除原有驾驶座椅后安装轮椅固定装置，患者可使用自动伸缩轮椅坡道进入车内，固定好后驾驶汽车。但目前我国相关法律法规尚未允许给汽车做这样的改装。高位脊髓损伤患者对驾驶座椅要求较高，弧形靠背和安全带能给患者提供更好的坐位稳定性。



图 14-27 驾驶室改装，方向盘改装成球形握柄，方便左手单手控制方向，油门和刹车集成于一个操控杆上，方便患者右手单手操作

常见的适合脊髓损伤患者的汽车驾驶室改造主要包括刹车和油门集成控制系统、方向盘助握球形手柄等。患者驾驶时，左手放在方向盘上或改装的方向盘操控球形手柄或 U 形手柄上控制汽车行驶方向，右手操控油门和刹车联动系统。



图 14-28 患者手掌插入 U 形握柄上控制汽车方向

(夏 楠)

# 第十五章

## 脊髓损伤研究和康复治疗最新进展

随着社会快速进步和发展，脊髓损伤的发病率呈逐年快速上升的趋势，在发达国家为每百万人口 15~40 人，我国的患病率更是高于欧美发达国家。2002 年北京市的调查显示每百万人口中就有 60 人患病，近年来还是有上升趋势。中东和非洲一些政治动荡的国家因战争导致脊髓损伤的发病率更高。脊髓损伤及其相关并发症的治疗一直是困扰医学界的难题，不仅给患者、家人和照顾者带来巨大压力，而且给社会带来了沉重的经济负担。脊髓损伤好发于青壮年人群，且以文化程度较低的基层劳动人群为主，这类人群往往承担整个家庭经济支柱的角色，他们的患病对家庭来说更是雪上加霜。近年来，国际医学界、工程物理学界为脊髓损伤康复研究做出了突出的贡献。帮助患者实现躯体功能的提高，预防和治疗并发症、解除痛苦，是我们每一个医护工作者的迫切希望。

### 一、脊髓损伤急性期的治疗进展

创伤性脊髓损伤发生后早期，如无干预，由于椎管容积的限定，继发的出血、水肿、微循环障碍可使脊髓组织压力增高、组织缺氧，形成恶性循环，从而使脊髓神经组织缺血、退变、坏死。随后的继发损伤包括血管源性损害机制、氧自由基损害以及细胞膜脂质代谢紊乱、电解质平衡紊乱（细胞内钙过载、镁过载）、生化机制（兴奋性氨基酸的神经毒性，儿茶酚

胺和花生四烯酸衍生物的作用）、能量代谢的紊乱，以及脊髓损伤后细胞凋亡的损害机制。损伤后期，各种细胞毒性细胞（如中性粒细胞、多形核白细胞、星形胶质细胞等）的激活和聚集，各种细胞因子（如 TGF- $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-1、IL-6、NO 等）的相互作用，使脊髓缺血、水肿和炎症扩展加重。因此，损伤早期继发性损伤的预防和急救是脊髓抢救的重点工作。

对于脊髓损伤的急性期，目前可以通过药物、手术减压、组织细胞移植等治疗获得良好疗效，其中包括甲基强的松龙、神经节苷脂、钙离子阻滞剂、GABA 受体拮抗剂的早期应用。早期的手术减压有利于改善损伤脊髓的微循环，减少继发性脊髓损伤，保留尽可能多的神经元。急性损伤 1 周后可以进行 MAP- 抗原特异性 T 淋巴细胞移植、施万细胞移植、胚胎神经干细胞移植等方法，恢复脊髓的解剖及功能完整性。

#### 1. 药物治疗

（1）大剂量甲基强的松龙（MP）：甲基强的松龙的作用包括：①通过恢复血-脑神经系统屏障，稳定溶酶体膜，抑制垂体内啡肽释放；②改善创伤后脊髓缺血，增强创伤后组织 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP 酶的活性，增强脊髓神经元兴奋能力，抑制脂质过氧化物。目前主要看重它的抗炎和治疗水肿的作用，伤后 8h 内给予大量甲基强的松龙（MP），在临床上才证实有效。适用于较严重的不全截瘫、四肢瘫和非横断性



完全性截瘫的患者。MP 主要对继发性损伤有抑制作用,可促进神经功能恢复,应用越早效果越好。

(2) 神经节苷脂:神经节苷脂是一种含唾液酸的糖鞘脂,分布于神经系统细胞膜外,能减少神经脱髓鞘反应,防止离子失衡、胞内钙蓄积以及乳酸性酸中毒,可促进多种神经生长因子作用,修复一定时间内的神经受损,延迟细胞凋亡等。它的亲脂性基团嵌入神经细胞膜的双脂质层中,亲水性基团突出于细胞外液中,因此 GML 在细胞内外各种信息相互传递及细胞膜的稳定性方面有重要意义。对脊髓损伤动物的实验研究证实了 GML 在急性脊髓损伤治疗中的作用。但由于该药物用量大且价格昂贵,限制了该药在我国的广泛应用。

(3) 钙离子通道阻断剂:急性脊髓损伤后受损部位脊髓组织内  $\text{Ca}^{2+}$  含量明显增加,而细胞外  $\text{Ca}^{2+}$  在伤后 2~5min 呈现明显而持续的降低。用含高浓度  $\text{Ca}^{2+}$  的溶液灌注脊髓,可诱发出与创伤结果一致的组织病理学与生物化学改变。钙离子通道阻断剂作用于微血管系统,减轻损伤引起的血管痉挛,防止周围血管舒张导致的系统性低血压,改善损伤后脊髓血流。通过运动和感觉诱发电位检查发现钙离子通道阻断剂能改善轴索功能。

(4) 其他:如阿片受体拮抗剂、细胞凋亡抑制药物、高压氧等有应用于临床治疗脊髓损伤。

**2. 手术治疗** 外科手术治疗的主要目的是通过切开减压等方法去除压迫因素,恢复脊髓的残存功能,稳定脊柱和减轻继发性损伤,并且为康复训练奠定良好的基础,但它不能完全预防和逆转脊髓损伤的继发性损伤。

(1) 减压术:切开减压术是治疗急、慢性脊髓压迫症的有效方法。有脊髓压迫及神经损害症状者,应尽快彻底减压。条件允许,力

争伤后 8~12h 内实行减压术,包括前路及后路减压术。来自脊髓前方的压迫,颈椎和胸、腰椎前路手术减压彻底,椎管恢复完全,固定牢固。

(2) 内固定:脊柱骨折与脱位,有神经损害、压迫症状,有手术指征者,应早期手术复位、减压、固定、植骨融合,以利于恢复脊柱生物力学的稳定性,防止继发性损害。内固定方式根据手术选择的路径有:前路主要是 Kaneda 装置和各型钢板(如 Z-Plate, ALPS; 颈椎前路带锁钢板 CSLP、Orion Plate, 以及非带锁钢板 Casper、Acroplate),后路主要有棒系统和椎弓根螺钉系统(如 RF“角度螺钉”、APF 钉杆系统、TSRH、AO 通用脊柱固定系统等)、Lugue 棒、Harrington 脊柱固定装置、Dick 钉和椎体钉等多种内固定方法。

## 二、脊髓损伤恢复期研究进展

在过去几十年甚至更长时间以来对脊柱脊髓损伤机制和病理改变的研究,以及细胞移植、基因治疗、组织免疫学等方面的研究等,各种旨在从根本上修复脊髓神经的研究成果不断涌现,虽然到目前为止尚未取得根本性胜利,但也为将来的研究打下了坚实的基础。“脊髓再生”是我们最为理想的脊髓神经修复方式。即便是人体的皮肤、肌肉等组织一般程度的损伤,它们的愈合修复很大程度上都伴随着瘢痕组织生成实现串联式愈合来保持组织原来的功能,脊髓神经的修复更是困难。虽然此处混淆了再生与修复的概念,但我们的最终目标是既要实现形态学上组织结构的完全复原,又要实现功能上的完全恢复。退一步说,不追求完美结构的功能恢复也是可以的,但现在的科学水平依然无法达到。在这种情况下,替代策略被敏锐地发觉了。经过机械工程学、电子信息技术、仿生工程学等多学科领域的专家不断研究,仿生机器人和外骨骼支架成功地帮助患者实现了

站立、步行等功能。

**1. 细胞移植** 细胞移植治疗脊髓损伤是近年来的研究热点。由于脊髓损伤后自发性轴突再髓鞘化过程非常有限,细胞移植治疗被视为更新少突胶质细胞、促进轴突再髓鞘化的重要手段。移植的细胞可在损伤部位存活并整合于人宿主组织中。进一步分化为神经元、星形胶质细胞和少突胶质细胞。大多数可同宿主细胞之间形成突触样结构,使中枢神经系统的功能得到一定程度的恢复。

(1) **神经干细胞 (Neural Stem Cells, NSC)**: 广泛分布于中枢神经系统的嗅球、纹状体、海马、小脑和脊髓等处的 NSC 是一种多潜能、未分化、具有自我更新能力的前体细胞,它的子细胞能够分化产生神经系统的各类细胞,且经过多次分裂后仍能稳定地保持自身的特性。NSC 在合适的条件下可被分离、纯化,被重新移植回损伤的脊髓后能进一步迁移、分化,与宿主神经元整合,促进损伤脊髓的结构和功能恢复。神经干细胞的特性可总结为可生成神经组织或来源于神经系统,具有自我更新能力,可通过不对称细胞分裂产生新细胞。

NSC 的发现为脊髓损伤治疗带来新的希望。一方面可以促进脑组织的修复和神经元的再生,同时通过基因修饰作用还可应用于神经系统疾病的基因治疗,表达某些外源性的神经递质、代谢性酶及神经营养因子,改善脊髓生长的微环境。移植的 NSC 可填充脊髓损伤后残留的空腔,在体内分化出神经元、星形胶质细胞和少突胶质细胞,提供再髓鞘化及新的神经连接,保持神经纤维的完整性。有学者在猴挫伤脊髓模型中移植入活体扩增的人神经原始干细胞 8 周后通过电镜观察显示神经原始干细胞已经分化成为神经元、星形细胞、少突胶质细胞,脊髓空腔较对照组更小。观察躯体运动功能,这些动物在肌力以及自主活动能力

上有显著提高。

(2) **间充质干细胞 (Mesenchymal Stem Cells, MSCs)**: MSCs 又称为骨髓基质细胞,在治疗脊髓损伤方面有其独特的优点:① MSCs 来源途径丰富,自体移植克服了伦理学争议,而提取、分离纯化和体外扩增却相对简单;② MSCs 免疫原性弱,一般不存在免疫排斥反应;③ 可进行基因修饰后移植。

MSCs 为治疗脊髓损伤展示了一种全新和理想的方法,存在诱导分化为神经细胞的潜能并能够像神经干细胞一样在中枢神经组织(脑、脊髓)里迁移、存活和整合。国外动物实验及临床应用中曾报道 MSCs 移植对脊髓损伤治疗的有效性及安全性是可靠的。Chopp 等用重物撞击造成大鼠脊髓 T<sub>9</sub> 节段损伤,1 周后在损伤中心部位注入合适剂量的 MSCs,结果发现,大多数大鼠的神经功能随着时间的推移均有不同程度的恢复。

(3) **胚胎干细胞 (Embryonic Stem Cells, ESs)**: ESs 又被称为是“全能细胞”,具有高度的未分化性及发育成各种类型细胞的潜能。胚胎干细胞移植是目前公认的修复脊髓缺损结构和功能的理想方法。大鼠 E14 胚胎脊髓移植到损伤脊髓内能够较长时间的存活,生长、发育、分化良好,并促进功能恢复,其可能机制为:① 胚胎脊髓作为一种细胞桥接物,填充损伤区,提供化学诱导,刺激或促进轴突生长;② 抑制胶质瘢痕形成,减少再生轴突的机械屏障;③ 替代某些缺失的脊髓神经元,恢复其感觉、运动和反射功能;④ 产生各种营养因子和细胞因子,减少凋亡及坏死,保护、拯救神经元。胚胎干细胞的优点在于发育的全能性,可以在原始状态下迅速增殖,同时遗传操作可在体外进行。治疗脊髓损伤的机制是发挥其中介作用恢复受损的神经元,并使其轴突形成完整的神经环路。移植入成年脊髓损伤动

物的脊髓后约 90% 的 ESs 可以存活。ESs 所释放的神经营养因子及其他代谢物能诱导宿主神经元的重生,再生的轴突快速穿越移植物与宿主组织的边界,从而重建轴突的连续性。目前胚胎干细胞的移植还属于研究阶段,如何在保证移植物存活、分化的基础上,使供、受体间建立有功能意义的神经联系,进而促进宿主神经功能恢复,还需进一步研究。而且关于这方面的研究在很多国家存在伦理和道德上的争议。

(4) 嗅鞘细胞 (Olfactory Ensheathing Cells, OECs): OECs 是一种仅位于嗅神经和嗅球第 1、2 层的大胶质细胞,可以终生产生维持神经元存活和轴索延长的神经营养因子和神经突促进因子,在神经轴突发育和再生时,包裹轴突并随延长的轴突一同迁移。OECs 的这一特性使成熟动物的嗅神经轴索具有再生进入中枢神经系统中的能力。在移植 OECs 动物实验中观察到,下行的红核脊髓束和上行的脊髓固有束其远端轴索再生分别达到 15cm 和 25cm,且再生的轴索跨越了胶质瘢痕形成的抑制环境,通过了脊髓的灰白质,植入的 OECs 随再生的轴索发生迁移。OECs 是目前所知的唯一能穿过外周神经与中枢神经屏障的特殊的胶质细胞,也能穿过受伤组织和瘢痕组织,这种特性在被移植入脊髓后仍然存在。另一重要特性是其功能极为活跃,能降解有关抑制轴突再生分子,分泌多种神经营养因子和支持因子,可以促进神经轴突和髓鞘的快速生长。又因为 OECs 可从自身嗅觉系统中获得,取材容易,因此是细胞移植促进脊髓损伤再生修复最有应用前景的候选细胞之一。

(5) 肌源性干细胞 (Muscle-Derived Stem Cells, MDSCs): MDSCs 起源于中胚层,是一种刚刚为人们所认识的多能干细胞,它具备一般干细胞的共同特点,即多项分化和自我更新。在体外能够分化成肌肉、脂肪、内皮、骨

等同胚层细胞,在特定的环境下甚至还可以跨胚层分化,转变为神经细胞和星形胶质细胞等。MDSCs 与其他种类的干细胞相比获得途径要更广。Watanabe 等提取小鼠的 MDSCs,在体外通过活化神经元分化基因技术,使其分化为神经细胞,电生理检测该细胞证实其具有电生理活性。MDSCs 应用安全,来源范围广,取材方式简单,容易完成体外分离培养和扩增增殖,同时易于外源基因的整合和表达,可为基因治疗神经系统疾病提供良好的载体,具有诱导分化为神经细胞的潜能并且能向神经干细胞一样在中枢神经组织里迁移和整合。一旦移植失败或者未能成活也不会产生其他副作用。自体移植方式避免了伦理学争议和排斥反应等不利问题,是治疗脊髓损伤的一种较为理想的方法。

(6) 施万细胞 (Schwann Cells, SCs): SCs 能分泌促轴突生长因子和轴突生长所需的黏附分子。近几年,实验证明 SCs 髓内移植能促进轴突再生,恢复部分实验动物的运动反射功能,联合应用其他神经因子及酶类还能增强 SCs 修复神经的能力。施万细胞是周围神经系统的神经胶质细胞,具有增生、迁移、引导、包裹的特性,包绕神经纤维轴突形成髓鞘和神经膜,能分泌多种神经营养因子 (如 NGF、BDGF、CNTF、FGF 等)。SCs 可以作为再生轴突的机械性导管样引导物,支持和引导轴突再生,抑制胶质瘢痕形成,改善损伤脊髓局部微环境,从而减少脊髓再生障碍。

有实验比较 OECs 和 SCs 时发现,SCs 在受挫神经中促进轴突再生和髓鞘再生的能力强于 OECs,而 OECs 在轴突延伸和移植物-宿主连接能力方面强于 SCs。这也表明,OECs 和 SCs 的联合移植可能会达到更好的效果。

2. 基因治疗 利用基因疗法治疗脊髓损伤的技术是将特定的目的基因转移到患者体内,



通过在患者体内表达的基因产物发挥生物活性,为神经的再生与生长提供合适的微环境。也可把基因治疗技术与组织细胞移植技术相结合,通过局部释放的神经生长因子不断刺激和诱导宿主轴突与移植物整合和联系,促进脊髓神经修复。近年来,还有生物研究学者应用转基因技术,或者结合胚胎脊髓移植、神经生长因子及抑制因子治疗等技术治疗脊髓损伤,并探讨基因疗法对脊髓损伤后的病理反应和促进其功能恢复的作用。基因治疗的具体方法主要包括体外法(把基因转入培养的细胞后再移植回体内)和体内法(直接在损伤的脊髓部位注入重组子),使用的目的基因包括脑源性神经营养因子、神经营养素、神经生长因子等神经营养因子基因族,而载体包括病毒载体和非病毒载体。研究证明,通过转基因技术,可使含有神经营养作用的遗传基因的细胞分泌营养因子,促使神经再生和功能恢复。然而目前基因治疗尚处于实验摸索阶段,在选择目的基因、载体、防止免疫排斥反应、移植细胞的存活等方面存在很多争议。随着分子生物技术和基因技术的完善,基因方法治疗脊髓损伤会有很好的应用前景。

### 3. 组织工程支架在脊髓损伤修复中的应用

组织工程技术的创造也为脊髓损伤的治疗提供了一个新的思路。组织工程支架通过在细胞外基质(Extracellular Matrix, ECM)发挥作用,为受损的神经细胞提供一个有利于其生长的三维空间。把包含脑源性神经生长因子的热塑性琼脂糖原位凝胶支架植入成年大鼠脊髓半切损伤处,术后发现轴突延伸到支架,而且在支架材料和脊髓交界面中测到NF-160阳性神经元、轴突、神经胶质酸性蛋白等。脑源性神经生长因子还可减少机体对琼脂糖凝胶产生的炎性排斥反应。

目前应用于脊髓的组织工程支架多采用可

降解的天然或合成高分子生物材料,在组织相容性、黏附细胞、复合营养因子、支架的仿生性、表面修饰作用以及对轴突生长方式的引导等诸多方面仍需要改进。目前已证实了纳米技术在组织工程支架方面应用的潜能,其前景诱人。

**4. 神经电生理技术** 在细胞移植和再生领域尝试修复脊髓损伤的同时,神经电生理领域的科学家们提出借助近年来迅猛发展的微电子技术,通过构建人工的神经电信号传导系统以替代受损的脊髓。早在1929通过对脑电图的记录就发现神经电信号的存在,并为大脑不通过外周神经与外界联系提供了最初的研究基础。到1980年代出现“脑-机接口”(Brain-Computer Interface, BCI)或“脑-机械接口”(Brain-Machine Interface, BMI),其主要目的是获得来自大脑皮质的命令信号,然后将这些信号转化为合适的电信号来控制失神经支配的肌肉或者仪器(如计算机、自动机械臂、电动轮椅等)以解决瘫痪者的运动问题。

根据“脑-机接口”的基本原理,采用微电极检测受损脊髓神经束近端来自大脑的运动控制信号,输入计算机分析系统进行信息处理后,再通过另一组微电极刺激远端神经束,实现下行神经通道的桥接和运动信号传输。动物实验尝试对脊髓生物电信号的模式进行识别,并取得了一定进展。“脑-机械接口”基于同样的原理利用脑电分析数据控制智能电动设备,帮助患者完成生活活动。

**5. 功能性电刺激在脊髓损伤康复中的应用** 功能性电刺激(FES)属于神经电刺激(Neuromuscular Electrical Stimulation, NMES)的范畴,是利用一定强度的低频脉冲电流通过预先设定的程序或根据反馈程序来刺激目标失神经肌肉,使其收缩,诱发肌肉运动产生功能性关节运动,以替代肢体丧失功能、改善活动能力的技术。功能性电刺激技术已经可以用来

改善或恢复截瘫患者肢体部分运动功能。

(1) 功能性电刺激改善肢体功能：短期治疗性功能电刺激可延缓肢体功能退化的速度，或可有一定的改善作用。当神经损伤稳定后进行功能性电刺激治疗，可能对改善患者的肢体功能有一定的作用。研究发现功能性电刺激还可代偿性改善患者肢体功能状态，研究的目的是帮助患者完成某些功能活动，如步行、抓握、协调运动等。

欧洲多个国家的科研人员联合研制了一种使下肢瘫痪者正常行走的电子装置，该装置的主要工作原理就是利用功能性电刺激替代损伤的运动神经传导信号，实现远端运动单位的功能。但这种装置产生的电刺激并非受控于患者的大脑，而是按照植入的程序进行工作，目前已经实现的功能相对较为简单，如步行、上下楼梯等。

上肢的运动比下肢复杂许多。日本东北大学(Tohoku)研究小组应用4~8通道的FES系统刺激手和前臂肌肉，使患者完成了抓握动作。该方法是在患者同侧肩部或对侧上肢健全肌肉处植入肌电感应装置，在靶肌肉植入刺激电极，当健全肌肉收缩时，其肌电流会触发肌电感应开关而引起预置电刺激装置对靶肌肉进行刺激，引发运动产生。该研究小组设计的功能性电刺激系统可在计算机控制下，通过植入肌肉的电极刺激靶肌肉，使已丧失神经功能的手臂产生目标运动。

(2) 功能性电刺激改善高位脊髓损伤患者的呼吸功能：利用刺激膈神经维持呼吸大概算得上是功能性电刺激临床应用的最早尝试。用于控制和调节呼吸运动的功能性电刺激系统为膈肌起搏器。可手术将一对植入电极埋入双侧膈神经上(亦可用体表电极置于双侧颈部膈神经运动点上)，与固定于胸壁上的信号接收器相连。控制器发出无线电脉冲信号，由接收

器将其变为低频电流，经电极刺激膈神经，引起膈肌收缩。主要用于脑血管意外、脑外伤、高位脊髓损伤所致的呼吸肌麻痹患者。

(3) 功能性电刺激尿失禁控制器：早些年有研究人员利用功能性电刺激来促进尿潴留患者的膀胱排空。但该技术要求患者的脊髓排尿中枢和它支配的膀胱逼尿肌、尿道括约肌等都处于神经支配完整的状态。用功能性电刺激法辅助排尿的方法需要手术将刺激电极植入膀胱逼尿肌或支配逼尿肌的骶神经根处，有的植入脊髓，在需要排尿时启动电刺激开关即可。另一种比较简单而实用的方法是经阴道或直肠刺激尿道括约肌。但国际脊髓学会目前已经不再推荐使用这种可导致膀胱内压力增高的辅助排尿技术，以避免尿液上行伤及肾脏。

**6. 康复机器人和下肢外骨骼在脊髓损伤中的应用** 虽然脊髓损伤再生和修复的实验研究取得一定的进展，但因脊髓长距离上行或下行纤维的修复还不足以完全实现，况且，目前这些研究大多还停留在动物实验阶段，因此应用于临床脊髓损伤的治疗还有大量问题亟待解决。但机械、电子和仿生工程学的研究暂时弥补了这一缺憾。

运动平板训练可以显著改善不完全性脊髓损伤患者的下肢功能状况，经过训练后，患者的功能性步行能力及站立平衡功能均比传统康复治疗前有显著改善。基于运动平板训练的研究结果，融入了部分人工智能的下肢康复机器人如Locomat系统(图15-1)，不仅能引导患者进行被动标准化步行训练，而且能实时修正步态，实现人机之间的协调。下肢康复机器人康复技术基本上能把运动平板减重训练完美应用其中，尤其是对较轻程度损伤的患者，可显著改善患者的平衡能力、步行速度、步长和双腿支撑时间，以及对称性等。



图 15-1 瑞士 Locomat 康复系统



图 15-2 以色列 ReWalk

目前，国内外已经有数家公司的**下肢外骨骼机器人（Lower Limb Exoskeleton Robot）**（图 15-2，15-3）突破关键技术实现临床应用。下肢外骨骼机器人能很好地协助步态紊乱的患者行走和增强人体负重能力。外骨骼机器人采用角度传感器、肌电信号传感器和地面接触力传感器等设备来获得外骨骼和操作者的状态信息。同时拥有混合控制系统，包括控制身体姿态的自动控制器，以及舒适助力控制器等，保证了外骨骼关节运动与人体下肢肌肉运动的一致性。其设计符合人体工程动力学，该产品的舒适度达到了较为理想的水平。

外骨骼需要具有良好的可穿戴性，结构和自由度分布应与人体运动关节结构和自由度高度匹配。其次，要实现整个外骨骼系统的控制，需要快速的信息传感技术以获取所需的控制信息，并对多信息进行高效快速融合，最后发出控制指令。这需要尖端的人机耦合接口技术，实现使用者和外骨骼机械之间的数据和信息互动，在感知层和执行层分别实现人和机器的高度统一。随着机器人技术、机电工程、微能源技术、微驱动技术、材料技术及信号转导和控制技术等学科的发展，外骨骼康复机器人研究关键技术必将实现突破，可使神经损伤患者肢体功能获得最大程度的改善，能促进患者更好地融入社会。



图 15-3 美国 Bleex

### 三、面对现实积极康复

生物信息学和量子力学使我们对脊髓神经再生的高度复杂性有所了解，著名进化论学者 Carroll 甚至根据冰鱼从温血变成冷血动物后不能逆转而推论，动物进化后就会失去在低等级阶段时的功能，即进化过程不能逆转。但这是否也意味着低级动物的神经再生功能在进化到人类阶段时就不复存在了呢？这一观点需要有更多的研究来探讨和支持。同时也提醒我们，过早断定人类脊髓神经一定能再生可能为时尚早。因此，在对早日实现脊髓再生和修复寄予厚望的同时，我们应该积极地对脊髓损伤和疾病进行包括心理和社会在内的整体康复。



科技的进步也为脊髓损伤的康复带来机遇。从各种简易的辅助技术到功能齐全便利的电动轮椅，再到精密复杂的康复机器人，都为脊髓损伤患者的生活独立自由和功能改善提供了很大的发展空间。在脊髓再生研究取得成功之前，所有的患者可以积极采用功能康复和功

能替代的方式实现生活独立和社会融合，积极地投身到正常化的生活状态。再者，由于脊髓损伤的康复远远超出了物理医学的范畴而涉及病变水平以下的一切器官，所以，整体康复才是正确的概念和原则。

（王 盛 夏 楠）

# 附录

附录 A 上肢肌肉的神经支配

关节	运动	肌肉	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	T <sub>1</sub>
肩 胛 骨	上升	斜方肌（上部）							
		肩胛提肌							
	下沉	斜方肌（下部）							
	后缩	斜方肌（中部）							
		菱形肌							
	前伸	前锯肌							
肩	屈曲	三角肌（前部）							
		胸大肌（锁骨部）							
		胸大肌（胸骨部）							
		喙肱肌							
	伸展	三角肌（后部）							
		冈下肌							
		小圆肌							
		大圆肌							
		背阔肌							
	外展	三角肌（中部）							
		冈上肌							
	内收	胸大肌（胸骨部）							
		背阔肌							
		喙肱肌							
	水平外展	三角肌（后部）							
	水平内收	胸大肌（锁骨部）							
		胸小肌							
		三角肌（前部）							
	内旋	肩胛下肌							
		胸大肌							
		背阔肌							
		三角肌（前部）							

关节	运动	肌肉	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	T <sub>1</sub>
肩	外旋	冈下肌							
		胸小肌							
		三角肌（后部）							
肘	屈曲	肱二头肌							
		肱肌							
		肱桡肌							
	伸展	肱三头肌							
	旋后	肱二头肌							
		旋后肌							
	旋前	旋前方肌							
		旋前圆肌							
腕	屈曲	桡侧腕屈肌							
		掌长肌							
		尺侧腕屈肌							
	伸展	桡侧腕长伸肌							
		桡侧腕短伸肌							
		尺侧腕伸肌							
	桡偏	桡侧腕长伸肌							
		桡侧腕短伸肌							
		桡侧腕屈肌							
	尺偏	尺侧腕伸肌							
		尺侧腕屈肌							
手指	屈曲（MCP/PIP）	指浅屈肌							
	屈曲（DIP）	指深屈肌							
		背侧骨间肌							
		掌侧骨间肌							
	屈曲（MCP）	小指短屈肌							
	伸展（MCP/PIP/DIP）	指伸肌							
		食指伸肌							
		小指伸肌							
	伸展（PIP/DIP）	蚓状肌							
	外展	背侧骨间肌							
		小指展肌							
	内收	掌侧骨间肌							
	对掌	小指对掌肌							



关节	运动	肌肉	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	T <sub>1</sub>
拇指	屈曲 (IP)	拇长屈肌							
	屈曲 / 旋转 (MCP)	拇短屈肌							
	伸展 (MCP)	拇短伸肌							
	伸展 (IP)	拇长伸肌							
	外展	拇长展肌							
	外展 / 旋转	拇短展肌							
	内收 / 旋转	拇内收肌							
	内收 / 屈曲 (IP)	掌侧骨间肌							
	对掌	拇对掌肌							

用深颜色表示对某块肌肉占主导支配的神经平面（缩写：MCP= 掌指关节；IP= 指间关节；DIP= 远端指间关节；PIP= 近端指间关节）；用浅颜色表示次要支配平面

## 附录 B 下肢肌肉的神经支配

关节	运动	肌肉	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
髋	屈曲	腰大肌								
		髂肌								
		耻骨肌								
		股直肌								
		长收肌								
		缝匠肌								
	伸展	臀大肌								
		大收肌								
		半膜肌								
		半腱肌								
		股二头肌								
	内旋	髂肌								
		臀中肌和臀小肌								
		阔筋膜张肌								
	外旋	上下孖肌								
		股方肌								
		梨状肌								
		闭孔内肌								
		闭孔外肌								
		缝匠肌								
	内收	股薄肌								
		长收肌和大收肌								
		短收肌								
		耻骨肌								
	外展	阔筋膜张肌								
		臀中肌和臀小肌								
		梨状肌								
膝	屈曲	半膜肌								
		半腱肌								
		股二头肌								
		腓肠肌								
	伸展	股直肌								
		股外侧肌								
		股内侧肌								
		股中间肌								

关节	运动	肌肉	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
踝	背屈	胫前肌								
		趾长伸肌								
		踇长伸肌								
		第三腓骨肌								
	跖屈	腓肠肌								
		比目鱼肌								
		趾长屈肌								
		踇长屈肌								
		腓骨长肌								
		胫后肌								
	内翻	胫前肌								
		胫后肌								
	外翻	腓骨长肌、短肌、第三腓骨肌								
趾	屈曲	趾长屈肌								
		踇长屈肌								
		踇短屈肌								
		趾短屈肌								
		小趾短屈肌								
		踇外展肌								
		小指展肌								
		蚓状肌								
	伸展	趾长伸肌								
		踇长伸肌								
		趾短伸肌								
	外展	踇外展肌								
		小指展肌								
		背侧骨间肌								
	内收	掌侧骨间肌								
		踇内收肌								

用深颜色表示对某块肌肉占主导支配的神经平面（缩写：MCP= 掌指关节；IP= 指间关节；DIP= 远端指间关节；PIP= 近端指间关节）；用浅颜色表示次要支配平面



## 参考文献

- [1] 励建安, 许光旭. 实用脊髓损伤康复学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2013.
- [2] 周谋望, 陈仲强, 刘楠, 等. 脊髓医学 [M]. 2 版. 济南: 山东科学技术出版社, 2015.
- [3] 王槐堂, 王俊, 刘浩, 等. 有氧训练对 T<sub>6</sub> 以上脊髓损伤患者心肺功能和 ADL 的影响 [J]. 医学理论与实践, 2009, 22 (9): 1035-1037.
- [4] 姜洪源, 廖志伟, 魏伟, 等. 功能性电刺激脚踏车系统在康复医疗中的研究与应用 [J]. 中国临床康复, 2006, 10 (9): 153-157.
- [5] 郭素梅, 李建民, 吴庆文, 等. 步态训练机器人对不完全性脊髓损伤患者步态的影响 [J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19 (7): 676-679.
- [6] 潘钰, 郅淑燕. 下肢康复机器人及其在脊髓损伤康复中应用的研究进展 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23 (11): 1010-1014.
- [7] 王一吉, 李建军. 下肢外骨骼机器人在重建不完全性脊髓损伤患者步行功能中的应用和研究进展 [J]. 中国康复理论与实践, 2012, 18 (1): 41-43.
- [8] 石坚, 刘利辉, 刘宁富, 等. 强化肌力训练对脊髓 AVM 术后截瘫患者功能独立的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2002, 24 (6): 328-330.
- [9] 刘志刚. 运动对抑郁症的影响及干预研究 [J]. 四川体育科学, 2014 (03): 43-47.
- [10] 关尚一, 李秋利, 张少生. 力量训练对抑郁女大学生抑郁状态、单胺递质水平的影响 [J]. 武汉体育学院学报, 2008 (10): 70-74.
- [11] 原魁. 智能轮椅的研究现状与趋势 [J]. 中国医疗器械信息, 2009 (01): 6-33.
- [12] 廖晓辉, 沈大中, 王东署. 智能轮椅的研究现状与关键技术分析 [J]. 制造自动化, 2008 (01): 1-6.
- [13] 郭召, 丁文元. 脊髓损伤治疗的最新研究进展 [J]. 颈腰痛杂志, 2010, 31 (2): 139-142.
- [14] 岳海源, 汪玉良, 孙振刚, 等. 脊髓损伤修复研究进展 [J]. 国际骨科学杂志, 2010, 31 (2): 113-115.
- [15] 万大千, 徐义明, 白跃宏. 下肢外骨骼康复机器人的研究与进展 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15 (52): 9855-9858.
- [16] 王一吉, 李建军. 一种可提高和改善步行功能的装置: 动力下肢外骨骼系统的设计及应用 [J]. 中国康复理论与实践, 2011, 17 (7): 628-631.
- [17] 夏娣文, 山林林, 查甫兵, 等. 康复治疗对脊髓损伤后抑郁患者生活能力及质量的影响 [J]. 中国康复, 2013, 28 (5): 368-370.

- [ 18 ] 何予工, 何宗颖. 心理康复对脊髓损伤患者抑郁症状、睡眠质量及日常生活能力的影响 [ J ] . 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35 ( 4 ) : 300-302.
- [ 19 ] 李海丽. 手功能康复机器人技术 [ J ] . 机械设计与研究, 2014 ( 30 ) : 25-28.
- [ 20 ] 刘承梅. MOTomed 训练对脊髓损伤患者功能独立性评定的影响 [ J ] . 中国实用神经疾病杂志, 2011, 14 ( 10 ) : 14-15.
- [ 21 ] Martha Freeman Somers. Spinal cord injury: Functional rehabilitation [ M ] . 3rd ed. New York: Pearson Education Inc, 2009.
- [ 22 ] David Grundy, Andrew Swain. ABC of Spinal Cord Injury [ M ] . 5th ed. London: BMJ Publisher Group, 2005.
- [ 23 ] Sunil Sabharwal. Essentials of Spinal Cord Injury [ M ] . New York: Demos Medical Publishing. 2014.
- [ 24 ] Sara Palmer, Kay Harris Kriegsman, Jeffrey B. Spinal cord injury: A Gide for Living [ M ] . Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2008.
- [ 25 ] David X. Cifu. Braddom' s Physical medicine and rehabitation [ M ] .5th ed. Philadelphia: Elsevier, 2016.
- [ 26 ] Diana Cardenas. Spinal Cord Medicine: Principle and Practice [ M ] . 2nd ed. New York: Demos Medical Publishing, 2010.
- [ 27 ] Frownfelter D, Dean E. Cardiovascular and Pulmonary Physical Therapy [ M ] . St Louis: Mosby Elsevier, 2006.
- [ 28 ] Sullivan S, Schmitz T. Improving Functional Outcomes in Physical Rehabilitation [ M ] . FA Davis: Philadelphia, 2010.
- [ 29 ] Harkema S, Behrman A, Barbeau H. Locomotor Training: Principles and Practice [ M ] . London: Oxford University Press, 2011.
- [ 30 ] Lisa Harvey. Management of spinal cord injuries: a guide for pgysiotherapists [ M ] . Amsterdam: Elsevier publishers, 2008.
- [ 31 ] Butler DS, Moseley GL. Explain Pain [ M ] . Adelaide: Noigroup Publications, 2003.
- [ 32 ] McMahon SB, Kaltzenburg M. Wall and Melzack' s Textbook of Pain [ M ] . Philadelphia: Elsevier ChurchillLivingstone, 2006.
- [ 33 ] Strong J, Unruh AM, Wright A, et al. Pain: A Textbook for Therapists [ M ] . Edinburgh: Churchill Livingstone, 2002.
- [ 34 ] Burchiel KJ, Yeziarski RP. Spinal Cord Injury Pain: Assessment, Mechanisms, Management. Progress in Pain Research and Management [ M ] . Seattle: IASP Press, 2002.
- [ 35 ] Croteau C. Wheelchair Mobility. A Handbook [ M ] . Worcester: Park Press Publishing, 1998.
- [ 36 ] Lin VW. Spinal Cord Medicine: Principles and Practice [ M ] . 2nd ed. New York: Demos Medical Publishing, 2010.
- [ 37 ] Dorward N. Spinal Cord Medicine: Principles and Practice [ J ] . Journal of the Royal Society of Medicine, 2003, 96 ( 4 ) : 201.

- [ 38 ] Eltorai IM. History of Spinal Cord Medicine [ J ] . Journal of Neurosurgery, 2003, 85 ( 4 ) : 725-731.
- [ 39 ] Khan AS, Patrick SK, Roy FD, et al. Training-Specific Neural Plasticity in Spinal Reflexes after Incomplete Spinal Cord Injury [ J ] . Neural Plast, 2016, 6: 718-763.
- [ 40 ] Lu X, Battistuzzo CR, Zoghi M, et al. Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: a systematic review [ J ] . Clin Rehabil, 2015, 29 ( 1 ) : 3-13.
- [ 41 ] Bhide RP, Solomons C, Devsahayam S, et al. Exercise and gait training in persons with paraplegia and its effect on muscle properties [ J ] . J Back Musculoskelet Rehabil, 2015, 28 ( 4 ) : 739-747.
- [ 42 ] Di Rienzo F, Guillot A, Mateo S, et al. Neuroplasticity of imagined wrist actions after spinal cord injury: a pilot study [ J ] . Exp Brain Res, 2015, 233 ( 1 ) : 291-302.
- [ 43 ] Lalumiere M, Gagnon DH, Routhier F, et al. Upper extremity kinematics and kinetics during the performance of a stationary wheelie in manual wheelchair users with a spinal cord injury [ J ] . J Appl Biomech, 2014, 30 ( 4 ) : 574-580.
- [ 44 ] Thrasher TA, Ward JS, Fisher S. Strength and endurance adaptations to functional electrical stimulation leg cycle ergometry in spinal cord injury [ J ] . Neuro Rehabilitation, 2013, 33 ( 1 ) : 133-138.
- [ 45 ] Hicks AL, Martin Ginis KA, Pelletier CA, et al. The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review [ J ] . Spinal Cord, 2011, 49 ( 11 ) : 1103-1127.
- [ 46 ] Sung DH, Yoon SD, Park GD. The effect of complex rehabilitation training for 12 weeks on trunk muscle function and spine deformation of patients with SCI [ J ] . J Phys Ther Sci, 2015, 27 ( 3 ) : 951-954.
- [ 47 ] Nightingale TE, Metcalfe RS, Vollaard NB, et al. Exercise Guidelines to Promote Cardiometabolic Health in Spinal Cord Injured Humans: Time to Raise the Intensity? [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2017, 98 ( 8 ) : 1693-1704.
- [ 48 ] Manthou M, Abdulla DS, Pavlov SP, et al. Whole body vibration ( WBV ) following spinal cord injury ( SCI ) in rats: Timing of intervention [ J ] . Restor Neurol Neurosci, 2017, 35 ( 2 ) : 185-216.
- [ 49 ] Woelfel JR, Kimball AL, Yen CL, et al. Low-Force Muscle Activity Regulates Energy Expenditure after Spinal Cord Injury [ J ] . Med Sci Sports Exerc, 2016, 49 ( 5 ) : 870-878.
- [ 50 ] West CR, Taylor BJ, Campbell IG, et al. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury [ J ] . Scand J Med Sci Sports, 2014, 24 ( 5 ) : 764-772.
- [ 51 ] Mueller G, Hopman MT, Perret C. Comparison of respiratory muscle training methods in individuals with motor complete tetraplegia [ J ] . Top Spinal Cord Inj Rehabil, 2012, 18 ( 2 ) : 118-121.
- [ 52 ] Lindberg T, Arndt A, Norrbrink C, et al. Effects of seated double-poling ergometer training on aerobic and mechanical power in individuals with spinal cord injury [ J ] . J Rehabil Med, 2012, 44 ( 10 ) : 893-898.
- [ 53 ] Moreno MA, Zamuner AR, Paris JV, et al. Effects of wheelchair sports on respiratory muscle strength and thoracic mobility of individuals with spinal cord injury [ J ] . Am J Phys Med Rehabil, 2012, 91 ( 6 ) :



- 470–477.
- [ 54 ] Reichenfelser W, Hackl H, Hufgard J, et al. Monitoring of spasticity and functional ability in individuals with incomplete spinal cord injury with a functional electrical stimulation cycling system [ J ] . J Rehabil Med, 2012, 44 ( 5 ) : 444–449.
- [ 55 ] Serra-A ñ ó P, Pellicer-Chenoll M, Garc í a-Mass ó X, et al. Effects of resistance training on strength, pain and shoulder functionality in paraplegics [ J ] . Spinal Cord, 2012, 50 ( 11 ) : 827–831.
- [ 56 ] Munce SE, Webster F, Fehlings MG, et al. Perceived facilitators and barriers to self-management in individuals with traumatic spinal cord injury: a qualitative descriptive study [ J ] . BMC Neurol, 2014, 14: 48.
- [ 57 ] Frankel HL, Coll JR, Charlifue SW, et al. Long-term survival in spinal cord injury: a fifty year investigation [ J ] . Spinal Cord, 1999, 36: 266–274.
- [ 58 ] Robert MS, Michael JD, David RP, et al. Long-Term Survival After Childhood Spinal Cord Injury [ J ] , J Spinal Cord Med, 2007, 30 ( 1 ) : 48–54.
- [ 59 ] Strauss DJ, DeVivo MJ, Paculdo DR, et al. Trends in life expectancy after spinal cord injury [ J ] . Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2006, 87: 1079–1085.
- [ 60 ] van den Berg ME, Castellote JM, de Pedro-Cuesta J, et al. Survival after spinal cord injury: a systematic review [ J ] . J Neurotrauma, 2010, 27 ( 8 ) : 1517–1528
- [ 61 ] Savic G, DeVivo MJ, Frankle HL, et al. Causes of death after traumatic spinal cord injury—a 70 year British study [ J ] . Spinal cord, 2017.
- [ 62 ] DeVivo MJ, Krause JS, Lammertse DP. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 1999, 80 ( 11 ) : 1411–1419.
- [ 63 ] Bellamy R, Pitts FW, Stauffer ES, Respiratory complications in traumatic quadriplegia. Analysis of 20 years' experience [ J ] . J Neurosurg, 1973, 39: 596–600.
- [ 64 ] De Vivo MJ, Krause JS, Lammertse DP. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 1999, 80: 1411–1419.
- [ 65 ] Linn WS, Adkins RH, Gong H, et al. Pulmonary function in chronic spinal cord injury: a cross-sectional survey of 222 southern California adult outpatients [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2000, 81: 757–763.
- [ 66 ] Padman R, Alexander M, Thorogood C, et al. Respiratory management of pediatric patients with spinal cord injuries: Retrospective review of the duPont experience [ J ] . Neurorehabil Neural Repair, 2003, 17: 32–36.
- [ 67 ] Suarez AA, Pessolano FA, Monteiro SG, et al. Peak flow and peak cough flow in the evaluation of expiratory muscle weakness and bulbar impairment in patients with neuromuscular disease [ J ] . Am J Phys Med Rehabil, 2002, 81: 506–511.
- [ 68 ] McCool FD. Global physiology and pathophysiology of cough: ACCP evidence-based clinical practice

- guidelines [ J ] . Chest, 2006, 129: 48S–53S.
- [ 69 ] Miske LJ, Hickey EM, Kolb SM, et al. Use of the mechanical in-exsufflator in pediatric patients with neuromuscular disease and impaired cough [ J ] . Chest, 2004, 125: 1406–1412.
- [ 70 ] Kang SW, Shin JC, Park CI, et al. Relationship between inspiratory muscle strength and cough capacity in cervical spinal cord injured patients [ J ] . Spinal Cord, 2005, 44: 242–248.
- [ 71 ] Chatwin M, Ross E, Hart N, et al. Cough augmentation with mechanical insufflation/ exsufflation in patients with neuromuscular weakness [ J ] . Eur Respir J, 2003, 21: 502–508.
- [ 72 ] Proserpio P, Lanza A, Sambusida K, et al. sleep apnea and periodic leg movements in the first year after spinal cord injury [ J ] . Sleep Med, 2015, 16 ( 1 ) : 59–66.
- [ 73 ] Chiodo AE, Sitrin RG, Bauman KA. sleep disordered breathing in spinal cord injury: A systematic review [ J ] . J Spinal Cord Med, 2016, 15: 1–9.
- [ 74 ] Bauman KA, Kurili A, Schotland HM, et al. Simplified approach to diagnosing sleep-disordered breathing and nocturnal hypercapnia in individual with spinal cord injury [ J ] . Arch phys med rehabil, 2016, 97 ( 3 ) : 363–371.
- [ 75 ] Sankari A, Bascom AT, Badr MS. Upper airway mechanics in chronic spinal cord injury during sleep [ J ] . J appl physiol, 2014, 116 ( 11 ) : 1390–1395.
- [ 76 ] Fuller DD, Lee KZ, Tester NJ. The impact of spinal cord injury on breathing during sleep [ J ] . Respir Physiol Neurobiol, 2013, 188 ( 3 ) : 344–354.
- [ 77 ] Manella KJ, Torres J, Field-Fote EC. Restoration of walking function in an individual with chronic complete ( AIS A ) spinal cord injury [ J ] . J Rehabil Med, 2010, 42 ( 8 ) : 795.
- [ 78 ] Hoffman LR, Field-Fote EC. Functional and corticomotor changes in individuals with tetraplegia following unimanual or bimanual massed practice training with somatosensory stimulation: A pilot study [ J ] . J Neurol Phys Ther, 2010, 34 ( 4 ) : 193.
- [ 79 ] Ljungberg I, Kroll T, Libin A, et al. Using peer mentoring for people with spinal cord injury to enhance self-efficacy beliefs and prevent medical complications [ J ] . J Clin Nurs, 2011, 20 ( 3–4 ) : 351.
- [ 80 ] Harkema SJ, Schmidt-Read M, Lorenz DJ, et al. Balance and ambulation improvements in individuals with chronic incomplete spinal cord injury using locomotor training-based rehabilitation [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2012, 93 ( 9 ) : 1508.
- [ 81 ] Morris DM, Taub E, Mark VW. Constraint-induced movement therapy: Characterizing the intervention protocol [ J ] . Eur J Neurophys, 2006, 42 ( 3 ) : 257.
- [ 82 ] Forslund EB, Granström A, Levi R, et al. Transfer from table to wheelchair in men and women with spinal cord injury: Coordination of body movement and arm forces [ J ] . Spinal Cord, 2007, 45 ( 1 ) : 41.
- [ 83 ] Jensen MP, Widerström-Noga E, Richards JS, et al. Reliability and validity of the International Spinal Cord Injury Basic Pain Data Set items as self-report measures [ J ] . Spinal Cord, 2010, 48 ( 3 ) : 230.

- [ 84 ] Rudhe C, van Hedel HJ. Upper extremity function in persons with tetraplegia: Relationships between strength, capacity, and the spinal cord independence measure [ J ]. *Neurorehabil Neural Repair* 23 ( 5 ): 413, 2009.
- [ 85 ] Al-Habib AF, Attabib N, Ball J, et al. Clinical predictors of recovery after blunt spinal cord trauma: systematic review [ J ]. *J Neurotrauma*, 2011, 28 ( 8 ) : 1431.
- [ 86 ] Julia PE, Sa'ari MY, Hasnan N. Benefit of triple-strap abdominal binder on voluntary cough in patients with spinal cord injury [ J ]. *Spinal Cord*, 2011, 49 ( 11 ) : 1138.
- [ 87 ] Behrman A, Ardolino E, Vanhiel LR, et al. Assessment of functional improvement without compensation reduces variability of outcome measures after human spinal cord injury [ J ]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93 ( 9 ) : 1518.
- [ 88 ] Harkema S, Gerasimenko Y, Hodes J, et al. Effect of epidural stimulation of the lumbosacral spinal cord on voluntary movement, standing, and assisted stepping after motor complete paraplegia: A case study [ J ]. *Lancet*, 2011, 377 ( 9781 ) : 1938.
- [ 89 ] Field-Fote EC, Roach KE. Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: A randomized clinical trial [ J ]. *Phys Ther*, 2011, 91 ( 1 ) : 48-60.
- [ 90 ] Alexeeva N, Sames C, Jacobs PL, et al. Comparison of training methods to improve walking in persons with chronic spinal cord injury: A randomized clinical trial [ J ]. *J Spinal Cord Med*, 2011, 34 ( 4 ) : 362-379.
- [ 91 ] Edgerton VR, Harkema S. Epidural stimulation of the spinal cord in spinal cord injury: Current status and future challenges [ J ]. *Expert Rev Neurother*, 2011, 11 ( 10 ) : 1351-1353.
- [ 92 ] Teasell RW, Mehta S, Aubut JL, et al. A systematic review of the therapeutic interventions for heterotopic ossification after spinal cord injury [ J ]. *Spinal Cord*, 2010, 48 ( 7 ) : 512-521.
- [ 93 ] Fattal C, Mariano-Goulart D, Thomas E, et al. Osteoporosis in persons with spinal cord injury: The need for a targeted therapeutic education [ J ]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2011, 92 ( 1 ) : 59-67.
- [ 94 ] Steeves JD, Kramer JK, Fawcett JW, et al. Extent of spontaneous motor recovery after traumatic cervical sensorimotor complete spinal cord injury [ J ]. *Spinal Cord*, 2011, 49 ( 2 ) : 257-265.
- [ 95 ] Fehlings MG, Cadotte DW, Fehlings LN. A series of systematic reviews on the treatment of acute spinal cord injury: A foundation for best medical practice [ J ]. *J Neurotrauma*, 2011, 28 ( 8 ) : 1329-1333.
- [ 96 ] Martin Ginis KA, Hicks AL. Exercise research issues in the spinal cord injured population [ J ]. *ExercSport Sci Rev*, 2005, 33: 49-53.
- [ 97 ] Manns PJ, McCubbin JA, Williams DP. Fitness, inflammation, and the metabolic syndrome in men with paraplegia [ J ]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86: 1176-1181.
- [ 98 ] Raymond J, Davis GM, van der Plas M. Cardiovascular responses during submaximal electrical stimulation-induced leg cycling in individuals with paraplegia [ J ]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2002,



- 22: 92–98.
- [ 99 ] Scelza WM, Kalpakjian CZ, Zemper ED, et al. Perceived barriers to exercise in people with spinal cord injury [ J ] . *Am J Phys Med Rehabil*, 2005, 84: 576–583.
  - [ 100 ] Franklin BA, Swaantek KI, Graiss SL, et al. Field test estimation of maximal oxygen consumption in wheelchair users [ J ] . *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1990, 71: 574–578.
  - [ 101 ] Pang MY, Eng JJ, Dawson AS, et al. The use of aerobic exercise training in improving aerobic capacity in individuals with stroke: a meta-analysis [ J ] . *Clin Rehabil*, 2006, 20: 97–111.
  - [ 102 ] Irwin RW, Restrepo JA, Sherman A. Musculoskeletal pain in persons with spinal cord injury [ J ] . *Topics Spinal Cord Rehabil*, 2007, 13 ( 2 ) : 43.
  - [ 103 ] Teasell RW, Mehta S, Aubut JA, et al. A systematic review of pharmacologic treatments of pain after spinal cord injury [ J ] . *Arch Phys Med Rehabil*, 2010, 91 ( 5 ) : 816–831.
  - [ 104 ] Liu CW, Huang CC, Yang YH, et al. Relationship between neurogenic bowel dysfunction and health-related quality of life in persons with spinal cord injury [ J ] . *J Rehabil Med*, 2009, 41 ( 1 ) : 35–40.
  - [ 105 ] Adams MM, Hicks AL. Spasticity after spinal cord injury [ J ] . *Spinal Cord*, 2005, 43 ( 10 ) : 577–586.
  - [ 106 ] Katalinic OM, Harvey LA, Herbert RD. Effectiveness of stretch for the treatment and prevention of contractures in people with neurological conditions: A systematic review [ J ] . *Phys Ther*, 2011, 91 ( 1 ) : 11–24.
  - [ 107 ] Meiners T, Abel R, Lindel K, et al. Improvements in activities of daily living following functional hand surgery for treatment of lesions to the cervical spinal cord: Self-assessment by patients [ J ] . *Spinal Cord*, 2002, 40: 574–580.
  - [ 108 ] King CE, Wang PT, McCrimmon CM, et al. The feasibility of a brain-computer interface functional electrical stimulation system for the restoration of overground walking after paraplegia [ J ] . *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 24 ( 12 ) : 80.
  - [ 109 ] Wangdell J, Frid è n J. Rehabilitation After Spasticity-Correcting Upper Limb Surgery in Tetraplegia [ J ] . *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97 ( 6 Suppl ) : S136–143.
  - [ 110 ] Dunn JA, Sinnott KA, Rothwell AG, et al. Tendon Transfer Surgery for People With Tetraplegia: An Overview [ J ] . *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97 ( 6 Suppl ) : S75–80.
  - [ 111 ] Alm M, Saraste H, Norrbrink C. Shoulder pain in persons with thoracic spinal cord injury: prevalence and characteristics [ J ] . *J Rehabil Med*, 2008, 40 ( 4 ) : 277–283.
  - [ 112 ] Kiyono Y, Hashizume C, Matsui N, et al. Car-driving abilities of people with tetraplegia [ J ] . *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 2 ( 10 ) : 1389–1392.
  - [ 113 ] Ragnarsson KT. Functional electrical stimulation after spinal cord injury: current use, therapeutic effects and future directions [ J ] . *Spinal Cord*, 2008, 46 ( 4 ) : 255–274.
  - [ 114 ] Nightingale EJ, Raymond J, Middleton JW, et al. Benefits of FES gait in a spinal cord injured

- population [ J ] . Spinal Cord, 2007, 45 ( 10 ) : 646–657.
- [ 115 ] To CS, Kirsch RF, Kobetic R, et al. Simulation of a functional neuromuscular stimulation powered mechanical gait orthosis with coordinated joint locking [ J ] . IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2005, 13 ( 2 ) : 227–235.
- [ 116 ] Obinata G, Fukada S, Matsunaga T, et al. Hybrid control of powered orthosis and functional neuromuscular stimulation for restoring gait [ J ] . Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2007, 1: 4879–4882.
- [ 117 ] Durfee WK, Rivard A. Design and simulation of a pneumatic, stored energy, hybrid orthosis for gait restoration [ J ] . J Biomech Eng, 2005, 127 ( 6 ) : 1014–1019.
- [ 118 ] Hesse S, Werner C, Bardeleben A. Electromechanical gait training with functional electrical stimulation: case studies in spinal cord injury [ J ] . Spinal Cord, 2004, 42 ( 6 ) : 346–352.
- [ 119 ] Tabernig CB, Cherniz AS, Escobar SO. Bios Stepassisted walking in spinal cord injured patients: an evaluation report [ J ] . Int J Rehabil Res, 2007, 30 ( 3 ) : 249–253.
- [ 120 ] Wirz M, Zemon DH, Rupp R, et al. Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multi center trial [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2005, 86( 4 ) : 672–680.
- [ 121 ] Faghri PD, Glaser RM, Figoni SF. Functional electrical stimulation leg cycle ergometer exercise training effects on cardio-respiratory responses of spinal cord injured subjects at rest and during submaximal exercise [ J ] . Arch Phy Med Rehabil, 1992, 73 ( 11 ) : 1085–1093.
- [ 122 ] Weber DJ, Stein RB, Everaert DG, et al. Limb state feedback from ensembles of simultaneously recorded dorsal root ganglion neurons [ J ] . J Neural Eng, 2007, 4 ( 3 ) : 168–180.
- [ 123 ] Dobkin B, Apple D, Barbeau H, et al. Weight-supported treadmill vs over-ground training for walking after acute incomplete SCI [ J ] . Neurology, 2006, 66 ( 4 ) : 484–493.
- [ 124 ] Gomes-Osman J, Cortes M, Guest J, et al. A Systematic Review of Experimental Strategies Aimed at Improving Motor Function after Acute and Chronic Spinal Cord Injury [ J ] . J Neurotrauma, 2016, 33 ( 5 ) : 425–438.
- [ 125 ] Musienko P, Heutschi J, Friedli L, et al. Multi-system neurorehabilitative strategies to restore motor functions following severe spinal cord injury [ J ] . Exp Neurol, 2012, 235 ( 1 ) : 100–109.
- [ 126 ] Kim Y, Schmit BD, Youm Y. Stimulation parameter optimization for functional electrical stimulation assisted gait in human spinal cord injury using response surface methodology [ J ] . Clin Biomech, 2006, 21: 485–494.
- [ 127 ] Bobet J. Can muscle models improve FES assisted walking after spinal cord injury? [ J ] . J Electromyogr Kinesiol, 1998, 8: 125–132.
- [ 128 ] You JS, Kim YL, Lee SM. Effects of a standard transfer exercise program on transfer quality and activities of daily living for transfer-dependent spinal cord injury patients [ J ] . J Phys Ther Sci, 2017, 29 ( 3 ) : 478–483.

- [ 129 ] Jørgensen S, Martin Ginis KA, Lexell J. Leisure time physical activity among older adults with long-term spinal cord injury [ J ] . Spinal Cord, 2017, 55 ( 9 ) :848–856.
- [ 130 ] Nightingale TE, Rouse PC, Thompson D, et al. Measurement of Physical Activity and Energy Expenditure in Wheelchair Users: Methods, Considerations and Future Directions [ J ] . Sports Med Open, 2017, 3 ( 1 ) : 10.
- [ 131 ] Dysterheft J, Rice I, Learmonth Y, et al. Effects of Daily Physical Activity Level on Manual Wheelchair Propulsion Technique in Full-Time Manual Wheelchair Users During Steady-State Treadmill Propulsion [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2017, 98 ( 7 ) :1374–1381.
- [ 132 ] Zhang R, Wang Q, Li K, et al. A BCI-based Environmental Control System for Patients with Severe Spinal Cord Injuries [ J ] . IEEE Trans Biomed Eng, 2017.
- [ 133 ] Nickel E, Hansen A, Pearlman J, et al. A drive system to add standing mobility to a manual standing wheelchair [ J ] . Assist Technol, 2016, 16: 1–7.
- [ 134 ] Goodman BL, Schindler A, Washington M, et al. Factors in rehospitalisation for severe pressure ulcer care in spinal cord injury/disorders [ J ] . J Wound Care, 2014, 23 ( 4 ) : 165–166, 168, 170.
- [ 135 ] Cho KH, Beom J, Yuk JH, et al. The Effects of Body Mass Composition and Cushion Type on Seat-Interface Pressure in SpinalCord Injured Patients [ J ] . Ann Rehabil Med, 2015, 39 ( 6 ) : 971–979.
- [ 136 ] Kovindha A, Kammuang-Lue P, Prakongsai P, et al. Prevalence of pressure ulcers in Thai wheelchair users with chronic spinal cord injuries [ J ] . Spinal Cord, 2015 , 53 ( 10 ) : 767–771.
- [ 137 ] Wu GA, Bogie KM. Effects of conventional and alternating cushion weight-shifting in persons with spinal cord injury [ J ] . J Rehabil Res Dev, 2014, 51 ( 8 ) : 1265–1276.
- [ 138 ] Gefen A. Tissue changes in patients following spinal cord injury and implications for wheelchair cushions and tissue loading: a literature review [ J ] . Ostomy Wound Manage, 2014, 60 ( 2 ) : 34–45.
- [ 139 ] Levy A, Kopplin K, Gefen A. An air-cell-based cushion for pressure ulcer protection remarkably reduces tissue stresses in the seated buttocks with respect to foams: finite element studies [ J ] . J Tissue Viability, 2014, 23 ( 1 ) : 13–23.
- [ 140 ] Ooi AL, Julia PE. The use of unconventional pressure redistributing cushion in spinal cord injured individuals [ J ] . Spinal Cord, 2011, 49 ( 12 ) : 1203–1205.
- [ 141 ] Sprigle S, Maurer C, Soneblum SE. Load redistribution in variable position wheelchairs in people with spinal cord injury [ J ] . J Spinal Cord Med, 2010, 33 ( 1 ) : 58–64.
- [ 142 ] Kern H, Rossini K, Carraro U, et al. Muscle biopsies show that FES of denervated muscles reverses hum an muscle degeneration from permanent spinal motoneuron lesion [ J ] . J Rehabil Res Dev, 2005, 42 ( 3 Suppl ) : 43–53.
- [ 143 ] Frotzler A, Coupaud S, Perret C, et al. High volume FES cycling partially reverses bone loss in people with chronic spinal cord injury [ J ] . BONE, 2008, 43 ( 1 ) : 169–176.
- [ 144 ] Greve JM, Santos L, Alonso AC, et al. Driving evaluation methods for able-bodied persons and individuals with lower extremity disabilities: a review of assessment modalities [ J ] . Clinics ( Sao



- Paulo), 2015, 70 (9): 638–647.
- [ 145 ] Audu ML, Lombardo LM, Schnellenberger JR, et al. A neuroprosthesis for control of seated balance after spinal cord injury [ J ]. J Neuroeng Rehabil, 2015, 12: 8.
- [ 146 ] Kooijmans H, Horemans HL, Stam HJ, et al. Valid detection of self-propelled wheelchair driving with two accelerometers [ J ]. Physiol Meas, 2014, 35 ( 11 ): 2297–2306.
- [ 147 ] Tsai IH, Graves DE, Lai CH. The association of assistive mobility devices and social participation in people with spinal cord injuries [ J ]. Spinal Cord, 2014, 52 ( 3 ): 209–215.
- [ 148 ] Kim J, Park H, Bruce J, et al. The tongue enables computer and wheelchair control for people with spinal cord injury [ J ]. Sci Transl Med, 2013, 5 ( 213 ): 213.
- [ 149 ] Sung WH, Chiu TY, Tsai WW, et al. The effect of virtual reality-enhanced driving protocol in patients following spinal cord injury [ J ]. J Chin Med Assoc, 2012, 75 ( 11 ): 600–605.
- [ 150 ] Franceschini M, Felzani G, Marini C. Occupational therapy and return to work of the people with traumatic spinal cord injury ( TSCI ) [ J ]. G Ital Med Lav Ergon, 2010, 32 ( 4 Suppl ): 192–194.
- [ 151 ] Norweg A, Jette AM, Houlihan B, et al. Patterns, predictors, and associated benefits of driving a modified vehicle after spinal cord injury: findings from the National Spinal Cord Injury Model Systems [ J ]. Arch Phys Med Rehabil, 2011, 92 ( 3 ): 477–483.
- [ 152 ] Dunlop SA. Activity-dependent plasticity: implications for recovery after spinal cord injury [ J ]. Trends Neurosci, 2008, 31 ( 8 ): 410–418.
- [ 153 ] Haubert LL, Mulroy SJ, Hatchett PE. Car Transfer and Wheelchair Loading Techniques in Independent Drivers with Paraplegia [ J ]. Front Bioeng Biotechnol, 2015, 3: 139.
- [ 154 ] Fattal C, Coulet B, Gelis A, et al. Rotator cuff surgery in persons with spinal cord injury: relevance of a multidisciplinary approach [ J ]. J Shoulder Elbow Surg, 2014, 23 ( 9 ): 1263–1271.
- [ 155 ] Chou LW, BinderMacleod SA. The effects of stimulation frequency and fatigue on the forceintensity relationship for human skeletal muscle [ J ]. Clin Neurophysiol, 2007, 118 ( 6 ): 1387–1396.
- [ 156 ] Dutta A, Kobetic R, Triolo RJ. Ambulation after incomplete spinal cord injury with EMG triggered functional electrical stimulation [ J ]. IEEE Trans Biomed Eng, 2008, 55 ( 2 ): 791–794.
- [ 157 ] Niu X, Varoqui D, Kindig M, et al. The effect of robotassisted locomotor training on walking speed [ J ]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. San Diego, 2012, 3858–3861.
- [ 158 ] Noojen CF, Ter Hoeve N, Field-Fote EC. Gait quality is improved by locomotor training in individuals with SCI regardless of training approach [ J ]. J Neuroeng Rehabil, 2009, 6: 36.
- [ 159 ] Sale P, Franceschini M, Waldner A, et al. Use of the robot assisted gait therapy in rehabilitation of patients with stroke and spinal cord injury [ J ]. Eur J Phys Rehabil Med, 2012, 48 ( 1 ): 111–121.
- [ 160 ] Dietz V, Harkema SJ. Locomotor activity in spinal cord injured persons [ J ]. J Appl Physiol, 2004, 96 ( 5 ): 1954–1960.
- [ 161 ] Yen SC, Schmit BD, Landry JM, et al. Locomotor adaptation to resistance during treadmill training transfers to overground walking in human SCI [ J ]. Exp Brain Res, 2012, 216 ( 3 ): 473–482.

- [ 162 ] Israel JF, Campbell DD, Kahn JH, et al. Metabolic costs and muscle activity patterns during robotic -and therapist-assisted treadmill walking in individuals with incomplete spinal cord injury [ J ] . Phys Ther, 2006, 86 ( 11 ) : 1466–1478.
- [ 163 ] Mirbagheri MM, Ness LL, Patel C, et al. The effects of robotic-assisted Locomotor training on spasticity and volitional control [ J ] . Phys Ther, 2006, 86 ( 11 ) : 1466–1478.
- [ 164 ] Ibrahim MS, Mattar AG, Elhafez SM. Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults [ J ] . J Phys Ther Sci, 2016, 28 ( 1 ) : 20–26.
- [ 165 ] King CE, Wang PT, Chui LA, et al. Operation of a brain-computer interface walking simulator for individuals with spinal cord injury [ J ] . J Neuroeng Rehabil, 2013, 17 ( 10 ) : 77.
- [ 166 ] De Mauro A, Carrasco E, Oyarzun D, et al. Virtual reality system in conjunction with neurorobotics and neuroprosthetics for rehabilitation of motor disorders [ J ] . Stud Health Technol Inform, 2011, 163: 163–165.
- [ 167 ] Morone G, Paolucci S, Mattia D, et al. The 3Ts of the new millennium neurorehabilitation gym: Therapy, Technology, Translationality [ J ] . Expert Rev Med Devices, 2016, 28.
- [ 168 ] Florian Grimm, Alireza Gharabaghi. Closed-Loop Neuroprosthesis for Reach-to-Grasp Assistance: Combining Adaptive Multi-channel Neuromuscular Stimulation with a Multi-joint Arm Exoskeleton [ J ] . Front Neurosci, 2016, 10: 284.
- [ 169 ] Comani S, Velluto L, Schinaia L, et al. Monitoring Neuro-Motor Recovery From Stroke With High-Resolution EEG, Robotics and Virtual Reality: A Proof of Concept [ J ] . IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2015, 23 ( 6 ) : 1106–1116.
- [ 170 ] Van Middendorp JJ, Hosman AJ, Donders AR, et al. A clinical prediction rule for ambulation outcomes after traumatic spinal cord injury: a longitudinal cohort study [ J ] . Lancet, 2011. 377( 9770 ): 1004–1010.
- [ 171 ] Scott DA, Bond EQ, Sisto SA, et al. The intra-and interrater reliability of hip muscle strength assessments using a handheld versus a portable dynamometer anchoring station [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85: 598–603.
- [ 172 ] Phillips WT, Batterham AM, Valenzuela JE, et al. Reliability of maximal strength testing in older adults [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85: 329–334.
- [ 173 ] Eng JJ, Kim CM, MacIntyre DL. Reliability of lower extremity strength measures in persons with chronic stroke [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83: 322–328.
- [ 174 ] Petrella JK, Kim JS, Cross JM, et al. Efficacy of myonuclear addition may explain differential myofiber growth among resistance-trained young and older men and women [ J ] . Am J Physiol Endocrinol Metab, 2006, 291: e937–e946.
- [ 175 ] Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education [ J ] . Exerc Sport Sci Rev, 2000, 28: 177–184.

- [ 176 ] Galen SS, Clarke CJ, McLean AN, et al. Isometric hip and knee torque measurements as an outcome measure in robot assisted gait training [ J ] . Neuro Rehabilitation, 2014, 34 ( 2 ) : 287–295.
- [ 177 ] Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, et al. Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed [ J ] . Med Sci Sports Exerc, 2005, 37: 1622–1626.
- [ 178 ] Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, et al. A meta-analysis to determine the dose response for strength development [ J ] . Med Sci Sports Exerc, 2003, 35: 456–464.
- [ 179 ] Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN. Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy [ J ] . Res Q Exerc Sport, 2002, 73: 485–488.
- [ 180 ] Farthing JP, Chilibeck PD. The effect of eccentric training at different velocities on cross education [ J ] . Eur J Appl Physiol, 2003, 89: 570–577.
- [ 181 ] Henry KD, Rosemond C, Eckert LB. Effect of number of home exercises on compliance and performance in adults over 65 years of age [ J ] . Phys Ther, 1999, 79: 270–277.
- [ 182 ] Ada L, Dorsch S, Canning C. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review [ J ] . Aust J Physiother, 2006, 52: 242–248.
- [ 183 ] Belanger M, Stein RB, Wheeler GD, et al. Electrical stimulation: can it increase muscle strength and reverse osteopenia in spinal cord injured individuals? [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2000, 81: 1090–1098.
- [ 184 ] Bryden AM, Sinnott KA, Mulcahey MJ. Innovative strategies for improving upper extremity function in tetraplegia and considerations in measuring functional outcomes [ J ] . Top Spinal Cord Inj Rehabil, 2005, 10: 75–93.
- [ 185 ] Sabatier MJ, Stoner L, Mahoney ET, et al. Electrically stimulated resistance training in SCI individuals increases muscle fatigue resistance but not femoral artery size or blood flow [ J ] . Spinal Cord, 2006, 44: 227–233.
- [ 186 ] Netz Y, Wu MJ, Becker BJ, et al. Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies [ J ] . Psychol Aging, 2005, 20: 272–284.
- [ 187 ] Anke AGW, Stenehjem AE, Stanghell JK. Pain and life quality within 2 years of spinal cord injury [ J ] . Paraplegia, 1995, 33: 555–559.
- [ 188 ] Kennedy P, Frankel HL, Gardner BP, et al. Factors associated with acute and chronic pain following traumatic spinal cord injuries [ J ] . Spinal Cord, 1997, 35: 814–817.
- [ 189 ] Putzke JD, Richards JS, Hicken BL, et al. Interference due to pain following spinal cord injury: important predictors and impact on quality of life [ J ] . Pain, 2002, 100: 231–242.
- [ 190 ] Kennedy P, Lude P, Taylor N. Quality of life, social participation, appraisals and coping postspinal cord injury: a review of four community samples [ J ] . Spinal Cord, 2006, 44: 95–105.
- [ 191 ] Siddall P, Yeziarski RP, Loeser JD. Pain following spinal cord injury: clinical features, prevalence, and taxonomy [ J ] . Technical Corner Newsletter of the International Association for the Study of Pain, 2000, 3: 3–7.

- [ 192 ] Siddall PJ, Middleton JW. A proposed algorithm for the management of pain following spinalcord injury [ J ] . Spinal Cord, 2006, 44: 67-77.
- [ 193 ] Margolis RB, Tait RC, Krause SJ. A rating system for use with patient pain drawings [ J ] . Pain, 1986, 24: 57-65.
- [ 194 ] Melzack R. The McGill Pain Questionnaire: major properties and scoring methods [ J ] . Pain, 1975, 1: 277-299.
- [ 195 ] Siddall PJ, Loeser JD. Pain following spinal cord injury [ J ] . Spinal cord, 2001, 39 ( 2 ) : 63-73.
- [ 196 ] Norrbrink Budh C, Kowalaki J, Lundeberg T. A comprehensive pain management programme comprising educational, cognitive and behavioural interventions for neuropathic pain following spinal cord injury [ J ] . J Rehabil Med, 2006, 38: 172-180.
- [ 197 ] Turner JA, Cardenas DD, Warms CA, et al. Chronic pain associated with spinal cord injuries: a community survey [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82: 501-508.
- [ 198 ] Bryce TN, Dijkers MPJM. Assessment of pain after SCI in clinical trials [ J ] . Top Spinal Cord InjRehabil, 2005, 11: 50-68.
- [ 199 ] Abrecht CR, Greenberg P, Song E, et al. A Contemporary Medicolegal Analysis of Implanted Devices for Chronic Pain Management [ J ] . Anesth Analg, 2017, 124 ( 4 ) : 1304-1310.
- [ 200 ] Mehech D, Mejia M, Nemunaitis GA, et al. Percutaneous peripheral nerve stimulation for treatment of shoulder pain after spinal cord injury: A case report [ J ] . J Spinal Cord Med, 2017, 17: 1-5.
- [ 201 ] Polati E, Martini A, Schweiger V. Ultramicronized palmitoylethanolamide treatment in central neuropathic pain following longstanding spinal cord injury: try to extinguish the fire after everything was burned [ J ] . Pain, 2017, 158 ( 4 ) : 763-764.
- [ 202 ] Gonz á lez SL, Coronel MF. Beyond reproduction: the role of progesterone in neuropathic pain after spinal cord injury [ J ] . Neural Regen Res, 2016, 11 ( 8 ) : 1238-1240.
- [ 203 ] Nagoshi N, Kaneko S, Fujiyoshi K, et al. Characteristics of neuropathic pain and its relationship with quality of life in 72 patients with spinal cord injury [ J ] . Spinal Cord, 2016, 54 ( 9 ) : 656-661.
- [ 204 ] Marcondes BF, Sreepathi S, Markowski J, et al. Pain severity and mobility one year after spinal cord injury: a multicenter, cross-sectional study [ J ] . Eur J Phys Rehabil Med, 2016, 52 ( 5 ) : 630-636.
- [ 205 ] Wei H, Wei Y, Tian F, et al. Blocking proteinase-activated receptor 2 alleviated neuropathic pain evoked by spinal cord injury [ J ] . Physiol Res, 2016, 65 ( 1 ) : 145-53.
- [ 206 ] Curtis KA, Roach KE, Applegate EB, et al. Reliability and validity of the Wheelchair User'sShoulder Pain Index ( WUSPI ) [ J ] . Paraplegia, 1995, 33: 595-601.
- [ 207 ] Asghari A, Nicholas MK. Pain self-efficacy beliefs and pain behaviour. A prospective study [ J ] . Pain, 2001, 94: 85-100.
- [ 208 ] Waddell G, Newton M, Henderson I, et al. A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire ( FABQ ) andthe role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability [ J ] . Pain, 1993, 52: 157-168.



- [ 209 ] Budh CN, Lundeberg T. Non-pharmacological pain-relieving therapies in individuals with spinalcord injury: a patient perspective [ J ] . Complement Ther Med, 2004, 12: 189–197.
- [ 210 ] Crowe J, MacKay-Lyons M, Morris H. A multi-centre, randomized controlled trial of theeffectiveness of positioning on quadriplegic shoulder pain [ J ] . Physiother Can, 2000, 52: 266–273.
- [ 211 ] Hara Y. Dorsal wrist joint pain in tetraplegic patients during and after rehabilitation [ J ] . J RehabilMed, 2003, 35: 57–61.
- [ 212 ] Nawoczenski DA, Clobes SM, Gore SL, et al. Three-dimensional shoulder kinematics during apressure relief technique and wheelchair transfer [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84: 1293–1300.
- [ 213 ] Fitzgerald SG, Arva J, Cooper RA, et al. A pilot study on community usage of a pushrim-activated, power-assisted wheelchair [ J ] . Assist Technol, 2003, 15: 113–119.
- [ 214 ] Koontz AM, Cooper R, Boninbger ML, et al. Shoulder kinematics and kinetics during two speedsof wheelchair propulsion [ J ] . J Rehabil Res Dev, 2002, 39: 635–650.
- [ 215 ] Bayley JC, Cochran TP, Sledge CB. The weight-bearing shoulder. The impingement syndrome inparaplegics [ J ] . J Bone Joint Surg ( Am ) , 1987, 69: 676–678.
- [ 216 ] Daylan M, Cardenas DD, Gerard B. Upper extremity pain after spinal cord injury [ J ] . Spinal Cord, 1999, 37: 191–195.
- [ 217 ] Gam AN, Johannsen F. Ultrasound therapy in musculoskeletal disorders: a meta-analysis [ J ] . Pain, 1995, 63: 85–91.
- [ 218 ] Brosseau L, Tugwell P, Wells GA, et al. Philadelphia Panel evidence-based clinical practiceguidelines on selected rehabilitation interventions for shoulder pain [ J ] . Phys Ther, 2001, 81: 1719–1730.
- [ 219 ] Sutbeyaz ST, Koseoglu BF, Yeiltepe E. Case Report. Simultaneous upper and lower extremitycomplex regional pain syndrome type I in tetraplegia [ J ] . Spinal Cord, 2005, 43: 568–572.
- [ 220 ] Harden RN, Swan M, King A, et al. Treatment of complex regional pain syndrome: functionalrestoration [ J ] . Clin J Pain, 2006, 22: 420–424.
- [ 221 ] Rintala D, Loubser PG, Castro J, et al. Chronic pain in a community-based sample of men withspinal cord injury: prevalence, severity, and relationship with impairment, disability, handicap, and subjective well-being [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 1999, 79: 601–614.
- [ 222 ] Widerstrom-Noga EG, Felip-Cuervo E, Broton JG, et al. Perceived difficulty in dealing withconsequences of spinal cord injury [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 1999, 80: 580–586.
- [ 223 ] Gresham GE, Labi ML, Dittmar SS, et al. The Quadriplegia Index of Function ( QIF ) : sensitivity and reliability demonstrated in a study of thirty quadriplegic patients [ J ] . Paraplegia, 1986, 24 ( 1 ) : 38–44.
- [ 224 ] Curtis KA, Roach KE, Applegate EB. Development of the Wheelchair User’ s Shoulder Pain Index ( WUSPI ) [ J ] . Paraplegia, 1995, 33 ( 5 ) : 290–293.
- [ 225 ] Karimi M, Omar AH, Fatoye F. Spinal cord injury rehabilitation: which way forward? [ J ] . NeuroRehabilitation, 2014, 35 ( 2 ) : 325–340.

- [ 226 ] Moriyama H, Tobimatsu Y, Ozawa J, et al. Amount of torque and duration of stretching affects correction of knee contracture in a rat model of spinal cord injury [ J ] . Clin Orthop Relat Res, 2013, 471 ( 11 ) : 3626–3636.
- [ 227 ] Diong J, Harvey LA, Kwah LK, et al. Gastrocnemius muscle contracture after spinal cord injury: a longitudinal study [ J ] . Am J Phys Med Rehabil, 2013, 92 ( 7 ) : 565–574.
- [ 228 ] Diong J, Harvey LA, Kwah LK, et al. Incidence and predictors of contracture after spinal cord injury-a prospective cohort study [ J ] . Spinal Cord, 2012, 50 ( 8 ) : 579–584.
- [ 229 ] Harvey LA, Glinsky JA, Katalinic OM, et al. Contracture management for people with spinal cord injuries [ J ] . NeuroRehabilitation, 2011, 28 ( 1 ) : 17–20.
- [ 230 ] Suzuki T, Sonoda S, Saitoh E, et al. Prediction of gait outcome with the knee-ankle-foot orthosis with medial hip joint in patients with spinal cord injuries: a study using recursive partitioning analysis [ J ] . Spinal Cord, 2007, 45 ( 1 ) : 57–63.
- [ 231 ] McCarthy JJ, Betz RR. Hip disorders in children who have spinal cord injury [ J ] . Orthop Clin North Am, 2006, 37 ( 2 ) : 197–202.
- [ 232 ] Moriyama H, Yoshimura O, Sunahori H, et al. Comparison of muscular and articular factors in the progression of contractures after spinal cord injury in rats [ J ] . Spinal Cord, 2006, 44 ( 3 ) : 174–181.
- [ 233 ] Moriyama H, Yoshimura O, Sunahori H, et al. Progression and direction of contractures of knee joints following spinal cord injury in the rat [ J ] . Tohoku J Exp Med, 2004, 204 ( 1 ) : 37–44.
- [ 234 ] Harvey LA, Herbert RD. Muscle stretching for treatment and prevention of contracture in people with spinal cord injury [ J ] . Spinal Cord, 2002, 40 ( 1 ) : 1–9.
- [ 235 ] Grover J, Gellman H, Waters RL. The effect of a flexion contracture of the elbow on the ability to transfer in patients who have quadriplegia at the sixth cervical level [ J ] . J Bone Joint Surg Am, 1996, 78 ( 9 ) : 1397–1400.
- [ 236 ] Holtz KA, Lipson R, Noonan VK, et al. Prevalence and Effect of Problematic Spasticity Following Traumatic Spinal Cord Injury [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2017, 98 ( 6 ) : 1132–1138.
- [ 237 ] Rank MM, Murray KC, Stephens MJ, et al. Adrenergic Receptors Modulate Motoneuron Excitability, Sensory Synaptic Transmission and Muscle Spasms After Chronic Spinal Cord Injury [ J ] . J Neurophysiol, 2011, 105 ( 1 ) : 410–422.
- [ 238 ] Crawford A, Armstrong K, Loparo K. Detecting destabilizing wheelchair conditions for maintaining seated posture [ J ] . Disabil Rehabil Assist Technol, 2017, 3 ( 1 ) : 1–8.
- [ 239 ] Bonaparte JP, Kirby RL, MacLeod DA. Proactive balance strategy while maintaining a stationary wheelie [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82: 475–479.
- [ 240 ] Schumacher M, Guennoun R, Stein DG, et al. Progesterone: therapeutic opportunities for neuro-protection and myelin repair [ J ] . Pharmacol Ther, 2007, 116 ( 1 ) : 77–106.
- [ 241 ] Yu TT, Shoichet MS. Guided cell Adhesion and outgrowth in peptide-modified channels for neural tissue engineering [ J ] . Biomaterials, 2005, 26 ( 13 ) : 1507–1514.

- [ 242 ] Jain A, Kim YT, McKeon RJ, et al. In situ gelling hydrogels for conformational repair of spinal cord defects, and local delivery of BDNF after spinal cord injury [ J ]. *Biomaterials*, 2006, 27 ( 3 ) : 497–504.
- [ 243 ] Takami T, Oudega M, Bates ML, et al. Schwann cell but not olfactory ensheathing glia transplants improve hindlimb locomotor performance in the moderately contused adult rat thoracic spinal cord [ J ]. *J Neurosci*, 2002, 22 ( 15 ) : 6670–6681.
- [ 244 ] Chopp M, Zhang XH, Li Y, et al. Spinal cord injury in rat: treatment with bone marrow stromal cell transplantation [ J ]. *Neuroreport*, 2000, 11 ( 13 ) : 3001–3005.
- [ 245 ] Suri P, Rainville J, Kalichman L, et al. Does this older adult with lower extremity pain have the clinical syndrome of lumbar spinal stenosis? [ J ]. *JAMA*, 2010, 304 ( 23 ) : 2628–2636.
- [ 246 ] Potretzke AM, Knight BA, Brockman JA, et al. The role of the assistant during robot-assisted partial nephrectomy: does experience matter? [ J ]. *J Robot Surg*, 2016, 10 ( 2 ) : 129–134.
- [ 247 ] Khazaei M, Ahuja CS, Fehlings MG. Induced Pluripotent Stem Cells for Traumatic Spinal Cord Injury [ J ]. *Front Cell Dev Biol*, 2017, 4: 152.
- [ 248 ] Lane MA, Lepore AC, Fischer I. Improving the therapeutic efficacy of neural progenitor cell transplantation following spinal cord injury [ J ]. *Expert Rev Neurother*, 2017, 17 ( 5 ) : 433–440.
- [ 249 ] Geoffroy CG, Meves JM, Zheng B. The age factor in axonal repair after spinal cord injury: A focus on neuron-intrinsic mechanisms [ J ]. *Neurosci Lett*, 2017, 652: 41–49.
- [ 250 ] Minassian K, McKay WB, Binder H, et al. Targeting Lumbar Spinal Neural Circuitry by Epidural Stimulation to Restore Motor Function After Spinal Cord Injury [ J ]. *Neurotherapeutics*, 2016, 13 ( 2 ) : 284–294.
- [ 251 ] Bryukhovetskiy AS, Bryukhovetskiy IS. Effectiveness of repeated transplantations of hematopoietic stem cells in spinal cord injury [ J ]. *World J Transplant*, 2015, 5 ( 3 ) : 110–128.
- [ 252 ] Thies RS, Murry CE. The advancement of human pluripotent stem cell-derived therapies into the clinic [ J ]. *Development*, 2015, 142 ( 18 ) : 3077–3084.
- [ 253 ] Kabu S, Gao Y, Kwon BK, et al. Drug delivery, cell-based therapies, and tissue engineering approaches for spinal cord injury [ J ]. *J Control Release*, 2015, 219: 141–154.
- [ 254 ] Sabapathy V, Tharion G, Kumar S. Cell Therapy Augments Functional Recovery Subsequent to Spinal Cord Injury under Experimental Conditions [ J ]. *Stem Cells Int*, 2015, 132–172.
- [ 255 ] McGee MJ, Amundsen CL, Grill WM. Electrical stimulation for the treatment of lower urinary tract dysfunction after spinal cord injury [ J ]. *J Spinal Cord Med*, 2015, 38 ( 2 ) : 135–146.
- [ 256 ] Cox A, Varma A, Banik N. Recent advances in the pharmacologic treatment of spinal cord injury [ J ]. *Metab Brain Dis*, 2015, 30 ( 2 ) : 473–482.
- [ 257 ] Dasari VR, Veeravalli KK, Dinh DH. Mesenchymal stem cells in the treatment of spinal cord injuries: A review [ J ]. *World J Stem Cells*, 2014, 6 ( 2 ) : 120–133.
- [ 258 ] Elisa Janine Gonzalez-Rothi, Angela M. Rombola, Celeste A. Rousseau, et al. Spinal Interneurons and

- Forelimb Plasticity after Incomplete Cervical Spinal Cord Injury in Adult Rats [ J ] .J Neurotrauma, 2015, 32 ( 12 ) : 893–907.
- [ 259 ] Prithvi K. Shah, Guillermo Garcia-Alias. Use of quadrupedal step training to re-engage spinal interneuronal networks and improve locomotor function after spinal cord injury [ J ] . Brain, 2013, 136 ( 11 ) : 3362–3377.
- [ 260 ] Bhide RP, Solomons C, Devsahayam S. Exercise and gait training in persons with paraplegia and its effect on muscle properties [ J ] . J Back Musculoskelet Rehabil, 2015, 28 ( 4 ) : 739–747.
- [ 261 ] Di Rienzo F, Guillot A, Mateo S, et al. Neuroplasticity of imagined wrist actions after spinal cord injury: a pilot study [ J ] . Exp Brain Res, 2015, 233 ( 1 ) : 291–302.
- [ 262 ] Todd Anthony Astorino, Eric T, Harness, et al. Witzke. Effect of chronic activity-based therapy on bone mineral density and bone turnover in persons with spinal cord injury [ J ] . Eur J Appl Physiol, 2013, 113 ( 12 ) : 3027–3037.
- [ 263 ] Lalumiere M, Gagnon DH, Routhier F, et al. Upper extremity kinematics and kinetics during the performance of a stationary wheelie in manual wheelchair users with a spinal cord injury [ J ] . J Appl Biomech, 2014, 30 ( 4 ) : 574–580.
- [ 264 ] Thrasher TA, Ward JS, Fisher S. Strength and endurance adaptations to functional electrical stimulation leg cycle ergometry in spinal cord injury [ J ] . Neuro Rehabilitation, 2013, 33 ( 1 ) : 133–138.
- [ 265 ] Hicks AL, Martin Ginis KA, Pelletier CA, et al. The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review [ J ] . Spinal Cord, 2011, 49 ( 11 ) : 1103–1127.
- [ 266 ] Ibitoye MO, Hamzaid NA, Hasnan N, et al. Strategies for Rapid Muscle Fatigue Reduction during FES Exercise in Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review [ J ] . PLoS One, 2016, 11 ( 2 ) : e0149024.
- [ 267 ] Sung DH, Yoon SD, Park GD. The effect of complex rehabilitation training for 12 weeks on trunk muscle function and spine deformation of patients with SCI [ J ] . J Phys Ther Sci, 2015, 27 ( 3 ) : 951–954.
- [ 268 ] Nicole D. DiPiro, Aaron E. Embry, Stacy L. Fritz, et al. Effects of Aerobic Exercise Training on Fitness and Walking Related Outcomes in Ambulatory Individuals with Chronic Incomplete Spinal Cord Injury [ J ] . Spinal Cord, 2016, 54 ( 9 ) : 675–681.
- [ 269 ] Tom E. Nightingale, Jean-Philippe Walhin, Dylan Thompson, et al. Impact of Exercise on Cardiometabolic Component Risks in Spinal Cord-injured Humans [ J ] . Med Sci Sports Exerc, 2017, 49 ( 12 ) : 2469–2477.
- [ 270 ] Manthou M, Abdulla DS, Pavlov SP, et al. Whole body vibration ( WBV ) following spinal cord injury ( SCI ) in rats: Timing of intervention [ J ] . Restor Neurol Neurosci, 2017, 35 ( 2 ) : 185–216.



- [ 271 ] Jessica R. Woelfel, Amy L. Kimball, Chu-Ling Yen, et al. Low-Force Muscle Activity Regulates Energy Expenditure after Spinal Cord Injury [ J ] . *Med Sci Sports Exerc*, 2017, 49 ( 5 ) : 870–878.
- [ 272 ] Ellen Merete Hagen. Acute complications of spinal cord injuries [ J ] . *World J Orthop*, 2015, 6 ( 1 ) : 17–23.
- [ 273 ] David J. Berlowitz, Brooke Wadsworth, Jack Ross. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury [ J ] . *Breathe ( Sheff )*, 2016, 12 ( 4 ) : 328–340.
- [ 274 ] West CR, Taylor BJ, Campbell IG, et al. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury [ J ] . *Scand J Med Sci Sports*, 2014, 24 ( 5 ) : 764–772.
- [ 275 ] Mueller G, Hopman MT, Perret C. Comparison of respiratory muscle training methods in individuals with motor complete tetraplegia [ J ] . *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, 2012, 18 ( 2 ) : 118–121.
- [ 276 ] Lindberg T, Arndt A, Norrbrink C, et al. Effects of seated double-poling ergometer training on aerobic and mechanical power in individuals with spinal cord injury [ J ] . *J Rehabil Med*, 2012, 44 ( 10 ) : 893–898.
- [ 277 ] Moreno MA, Zamun é r AR, Paris JV, et al. Effects of wheelchair sports on respiratory muscle strength and thoracic mobility of individuals with spinal cord injury [ J ] . *Am J Phys Med Rehabil*, 2012, 91 ( 6 ) : 470–477.
- [ 278 ] Reichenfelser W, Hackl H, Hufgard J, et al. Monitoring of spasticity and functional ability in individuals with incomplete spinal cord injury with a functional electrical stimulation cycling system [ J ] . *J Rehabil Med*, 2012, 44 ( 5 ) : 444–449.
- [ 279 ] Serra-A ó P, Pellicer-Chenoll M, Garc í a-Mass ó X, et al. Effects of resistance training on strength, pain and shoulder functionality in paraplegics [ J ] . *Spinal Cord*, 2012, 50 ( 11 ) : 827–831.
- [ 280 ] Munce SE, Webster F, Fehlings MG, et al. Perceived facilitators and barriers to self-management in individuals with traumatic spinal cord injury: a qualitative descriptive study [ J ] . *BMC Neurol*, 2014, 14: 48.
- [ 281 ] Dunn JA, Sinnott KA, Rothwell AG, et al. Tendon Transfer Surgery for People With Tetraplegia: An Overview [ J ] . *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97 ( 6 Suppl ) : 75–80.
- [ 282 ] Dobkin B, Apple D, Barbeau H, et al. Weight-supported treadmill vs over-ground training for walking after acute incomplete SCI [ J ] . *Neurology*, 2006, 66 ( 4 ) : 484–493.
- [ 283 ] Gomes-Osman J, Cortes M, Guest J, et al. A Systematic Review of Experimental Strategies Aimed at Improving Motor Function after Acute and Chronic Spinal Cord Injury [ J ] . *J Neurotrauma*, 2016, 33 ( 5 ) : 425–438.
- [ 284 ] Musienko P, Heutschi J, Friedli L, et al. Multi-system neurorehabilitative strategies to restore motor functions following severe spinal cord injury [ J ] . *Exp Neurol*, 2012, 235 ( 1 ) : 100–109.
- [ 285 ] J rgensen S, Martin Ginis KA, Lexell J. Leisure time physical activity among older adults with long-term spinal cord injury [ J ] . *Spinal Cord*, 2017, 55 ( 9 ) : 848–856.

- [ 286 ] Abrecht CR, Greenberg P, Song E, et al. A Contemporary Medicolegal Analysis of Implanted Devices for Chronic Pain Management [ J ] . *Anesth Analg*, 2017, 124 ( 4 ) : 1304–1310.
- [ 287 ] Mehech D, Mejia M, Nemunaitis GA, et al. Percutaneous peripheral nerve stimulation for treatment of shoulder pain after spinal cord injury: A case report [ J ] . *J Spinal Cord Med*, 2017, 41 ( 1 ) : 119–124.
- [ 288 ] Polati E, Martini A, Schweiger V. Ultramicrosized palmitoylethanolamide treatment in central neuropathic pain following longstanding spinal cord injury: try to extinguish the fire after everything was burned [ J ] . *Pain*, 2017, 158 ( 4 ) : 763–764.
- [ 289 ] González SL, Coronel MF. Beyond reproduction: the role of progesterone in neuropathic pain after spinal cord injury [ J ] . *Neural Regen Res*, 2016, 11 ( 8 ) : 1238–1240.
- [ 290 ] Nagoshi N, Kaneko S, Fujiyoshi K, et al. Characteristics of neuropathic pain and its relationship with quality of life in 72 patients with spinal cord injury [ J ] . *Spinal Cord*, 2016, 54 ( 9 ) : 656–661.
- [ 291 ] Marcondes BF, Sreepathi S, Markowski J, et al. Pain severity and mobility one year after spinal cord injury: a multicenter, cross-sectional study [ J ] . *Eur J Phys Rehabil Med*, 2016, 52 ( 5 ) : 630–636.
- [ 292 ] Wei H, Wei Y, Tian F, et al. Blocking proteinase-activated receptor 2 alleviated neuropathic pain evoked by spinal cord injury [ J ] . *Physiol Res*, 2016, 65 ( 1 ) : 145–153.
- [ 293 ] Karimi M, Omar AH, Fatoye F. Spinal cord injury rehabilitation: which way forward [ J ] . *Neuro Rehabilitation*, 2014, 35 ( 2 ) : 325–340.
- [ 294 ] Moriyama H, Tobimatsu Y, Ozawa J, et al. Amount of torque and duration of stretching affects correction of knee contracture in a rat model of spinal cord injury [ J ] . *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471 ( 11 ) : 3626–3636.
- [ 295 ] Diong J, Harvey LA, Kwah LK, et al. Gastrocnemius muscle contracture after spinal cord injury: a longitudinal study [ J ] . *Am J Phys Med Rehabil*, 2013, 92 ( 7 ) : 565–574.
- [ 296 ] Diong J, Harvey LA, Kwah LK, et al. Incidence and predictors of contracture after spinal cord injury—a prospective cohort study [ J ] . *Spinal Cord*, 2012, 50 ( 8 ) : 579–584.
- [ 297 ] Harvey LA, Glinsky JA, Katalinic OM, et al. Contracture management for people with spinal cord injuries [ J ] . *Neuro Rehabilitation*, 2011, 28 ( 1 ) : 17–20.
- [ 298 ] Suzuki T, Sonoda S, Saitoh E, et al. Prediction of gait outcome with the knee-ankle-foot orthosis with medial hip joint in patients with spinal cord injuries: a study using recursive partitioning analysis [ J ] . *Spinal Cord*, 2007, 45 ( 1 ) : 57–63.
- [ 299 ] McCarthy JJ, Betz RR. Hip disorders in children who have spinal cord injury [ J ] . *Orthop Clin North Am*, 2006, 37 ( 2 ) : 197–202.
- [ 300 ] Moriyama H, Yoshimura O, Sunahori H, et al. Comparison of muscular and articular factors in the progression of contractures after spinal cord injury in rats [ J ] . *Spinal Cord*, 2006, 44 ( 3 ) : 174–181.
- [ 301 ] Moriyama H, Yoshimura O, Sunahori H, et al. Progression and direction of contractures of knee joints following spinal cord injury in the rat [ J ] . *Tohoku J Exp Med*, 2004, 204 ( 1 ) : 37–44.

- [ 302 ] Grover J, Gellman H, Waters RL. The effect of a flexion contracture of the elbow on the ability to transfer in patients who have quadriplegia at the sixth cervical level [ J ] . J Bone Joint Surg Am, 1996, 78 ( 9 ) : 1397–1400.
- [ 303 ] M. M. Rank, K. C. Murray, M. J. Stephens, et al. Adrenergic Receptors Modulate Motoneuron Excitability, Sensory Synaptic Transmission and Muscle Spasms After Chronic Spinal Cord Injury [ J ] . J Neurophysiol, 2011, 105 ( 1 ) : 410–422.
- [ 304 ] Khazaei M, Ahuja CS, Fehlings MG. Induced Pluripotent Stem Cells for Traumatic Spinal Cord Injury[ J ]. Front Cell Dev Biol, 2017, 4: 152.
- [ 305 ] Vanessa M, Doulaumes, Giles W. Plant. Induced Pluripotent Stem Cell Therapies for Cervical Spinal Cord Injury [ J ] . Int J Mol Sci, 2016, 17 ( 4 ) : 530.
- [ 306 ] Lane MA, Lepore AC, Fischer I. Improving the therapeutic efficacy of neural progenitor cell transplantation following spinal cord injury [ J ] . Expert Rev Neurother, 2017, 17 ( 5 ) : 433–440.
- [ 307 ] Geoffroy CG, Meves JM, Zheng B. The age factor in axonal repair after spinal cord injury: A focus on neuron-intrinsic mechanisms [ J ] . Neurosci Lett, 2017, 652: 41–49.
- [ 308 ] Minassian K, McKay WB, Binder H, et al. Targeting Lumbar Spinal Neural Circuitry by Epidural Stimulation to Restore Motor Function After Spinal Cord Injury [ J ]. Neurotherapeutics, 2016, 13 ( 2 ) : 284–294.
- [ 309 ] Bryukhovetskiy AS, Bryukhovetskiy IS. Effectiveness of repeated transplantations of hematopoietic stem cells in spinal cord injury [ J ] . World J Transplant, 2015, 5 ( 3 ) : 110–128.
- [ 310 ] Thies RS, Murry CE. The advancement of human pluripotent stem cell-derived therapies into the clinic[ J ]. Development, 2015, 142 ( 18 ) : 3077–3084.
- [ 311 ] Kabu S, Gao Y, Kwon BK, et al. Drug delivery, cell-based therapies, and tissue engineering approaches for spinal cord injury [ J ] . J Control Release, 2015, 219: 141–154.
- [ 312 ] McGee MJ, Amundsen CL, Grill WM. Electrical stimulation for the treatment of lower urinary tract dysfunction after spinal cord injury [ J ] . J Spinal Cord Med, 2015, 38 ( 2 ) : 135–146.
- [ 313 ] Cox A, Varma A, Banik N. Recent advances in the pharmacologic treatment of spinal cord injury [ J ] . Metab Brain Dis, 2015, 30 ( 2 ) : 473–482.
- [ 314 ] Dasari VR, Veeravalli KK, Dinh DH. Mesenchymal stem cells in the treatment of spinal cord injuries: A review [ J ] . World J Stem Cells, 2014, 6 ( 2 ) : 120–133.
- [ 315 ] Crawford A, Armstrong K, Loparo K. Detecting destabilizing wheelchair conditions for maintaining seated posture [ J ] . Disabil Rehabil Assist Technol, 2018, 13 ( 2 ) : 178–185.
- [ 316 ] You JS, Kim YL, Lee SM. Effects of a standard transfer exercise program on transfer quality and activities of daily living for transfer-dependent spinal cord injury patients [ J ] . J Phys Ther Sci, 2017, 29 ( 3 ) : 478–483.
- [ 317 ] Cloud BA, Zhao KD, Ellingson AM, et al. Increased Seat Dump Angle in a Manual Wheelchair is Associated with Changes in Thoracolumbar Lordosis and Scapular Kinematics during Propulsion [ J ] .

- Arch Phys Med Rehabil, 2017, 98 ( 10 ) : 2021–2027.
- [ 318 ] Nightingale TE, Rouse PC, Thompson D, et al.Measurement of Physical Activity and Energy Expenditure in Wheelchair Users: Methods, Considerations and Future Directions [ J ] . Sports Med Open, 2017, 3 ( 1 ) : 10.
- [ 319 ] Dysterheft J, Rice I, Learmonth Y, et al. Effects of Daily Physical Activity Level on Manual Wheelchair Propulsion Technique in Full-Time Manual Wheelchair Users During Steady-State Treadmill Propulsion [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2017, 98 ( 7 ) : 1374–1381.
- [ 320 ] Zhang R, Wang Q, Li K, et al. A BCI-based Environmental Control System for Patients with Severe Spinal Cord Injuries [ J ] . IEEE Trans Biomed Eng, 2017, 64 ( 8 ) : 1959–1971.
- [ 321 ] Nickel E, Hansen A, Pearlman J, et al.A drive system to add standing mobility to a manual standing wheelchair [ J ] . Assist Technol, 2016, 16: 1–7.
- [ 322 ] Goodman BL, Schindler A, Washington M, et al. Factors in rehospitalisation for severe pressure ulcer care in spinal cord injury/disorders [ J ] . J Wound Care, 2014, 23 ( 4 ) : 165–166, 168, 170–172.
- [ 323 ] Cho KH, Beom J, Yuk JH, et al.The Effects of Body Mass Composition and Cushion Type on Seat-Interface Pressure in Spinal Cord Injured Patients [ J ] . Ann Rehabil Med, 2015, 39 ( 6 ) : 971–979.
- [ 324 ] Kovindha A, Kammuang-Lue P, Prakongsai P, et al. Prevalence of pressure ulcers in Thai wheelchair users with chronic spinal cord injuries [ J ] . Spinal Cord, 2015, 53 ( 10 ) : 767–771.
- [ 325 ] Wu GA, Bogie KM. Effects of conventional and alternating cushion weight-shifting in persons with spinal cord injury [ J ] . J Rehabil Res Dev, 2014, 51 ( 8 ) : 1265–1276.
- [ 326 ] Gefen A.Tissue changes in patients following spinal cord injury and implications for wheelchair cushions and tissue loading: a literature review [ J ] . Ostomy Wound Manage, 2014, 60 ( 2 ) : 34–45.
- [ 327 ] Levy A, Kopplin K, Gefen A.An air-cell-based cushion for pressure ulcer protection remarkably reduces tissue stresses in the seated buttocks with respect to foams: finite element studies [ J ] . J Tissue Viability, 2014, 23 ( 1 ) : 13–23.
- [ 328 ] Ooi AL, Julia PE.The use of unconventional pressure redistributing cushion in spinal cord injured individuals [ J ] . Spinal Cord, 2011, 49 ( 12 ) : 1203–1205.
- [ 329 ] Sprigle S, Maurer C, Soneblum SE. Load redistribution in variable position wheelchairs in people with spinal cord injury [ J ] . J Spinal Cord Med, 2010, 33 ( 1 ) : 58–64.
- [ 330 ] Greve JM, Santos L, Alonso AC, et al.Driving evaluation methods for able-bodied persons and individuals with lower extremity disabilities: a review of assessment modalities [ J ] . Clinics ( Sao Paulo ) , 2015, 70 ( 9 ) : 638–647.
- [ 331 ] Kooijmans H, Horemans HL, Stam HJ, et al.Valid detection of self-propelled wheelchair driving with two accelerometers [ J ] . Physiol Meas, 2014, 35 ( 11 ) : 2297–2306.
- [ 332 ] Tsai IH, Graves DE, Lai CH. The association of assistive mobility devices and social participation in people with spinal cord injuries [ J ] . Spinal Cord, 2014, 52 ( 3 ) : 209–215.
- [ 333 ] Sung WH, Chiu TY, Tsai WW, et al. The effect of virtual reality-enhanced driving protocol in patients



- following spinal cord injury [ J ] . J Chin Med Assoc, 2012, 75 ( 11 ) : 600–605.
- [ 334 ] Franceschini M, Felzani G, Marini C.Occupational therapy and return to work of the people with traumatic spinal cord injury ( TSCI ) [ J ] . G Ital Med Lav Ergon, 2010, 32 ( 4 Suppl ) : 192–194.
- [ 335 ] Norweg A, Jette AM, Houlihan B, et al. Patterns, predictors, and associated benefits of driving a modified vehicle after spinal cord injury: findings from the National Spinal Cord Injury Model Systems [ J ] . Arch Phys Med Rehabil, 2011, 92 ( 3 ) : 477–483.
- [ 336 ] Dunlop SA. Activity-dependent plasticity: implications for recovery after spinal cord injury [ J ] . Trends Neurosci, 2008, 31 ( 8 ) : 410–418.
- [ 337 ] Fattal C, Coulet B, Gelis A, et al. Rotator cuff surgery in persons with spinal cord injury: relevance of a multidisciplinary approach [ J ] . J Shoulder Elbow Surg. 2014,23 ( 9 ) : 1263–1271.
- [ 338 ] Jayaraman C, Moon Y, Rice IM, et al. Shoulder pain and cycle to cycle kinematic spatial variability during recovery phase in manual wheelchair users: a pilot investigation [ J ] . PLoS One, 2014, 9 ( 3 ) : e89794.

# 索引

12min 轮椅推行试验 12min Wheelchair Propel Test /193  
1s 用力呼气容积 Forced Expiratory Volume in 1 second /84  
1 次最大重复负荷 1 Maximum Repetitive Load /181

## B

巴尔干战争 The Balkan Wars /7  
被动活动 Passive Movement /218  
薄束 Gracile /20  
补呼气量 Expiratory Reserve Volume /83  
补吸气量 Inspiratory Reserve Volume /83  
步行策略 Walking Strategies /157  
步行功能预期 Walking Function Expectation /146  
步行速度 Walking Speed /148  
步行训练 Walking Training /147  
部分保留区 Zone of Partial Preservation /35  
Beck 抑郁问卷 Beck Depression Inventory /208

## C

参与受限 Participation Limitation /52  
残气量 Residual Volume /83  
长腿坐位 Long Seating /125  
常规间歇正压通气 Intermittent Positive Pressure Ventilation /99  
潮气量 Tidal Volume /83  
持续气道正压通气 Continuous Positive Airway Pressure Ventilation /108  
持续牵伸 Sustained Stretching /218  
充气坐垫 Air Cushion /226

## D

等轴 RGO Isocentric RGO /152  
电动轮椅 Electric Wheelchair /231

顶盖脊髓束 Tectospinal Tract /29  
定时引流排尿 Timed Drainage and Urination /10  
动 - 静脉氧分压差 Arteriovenous Oxygen Differential Pressure Difference /193  
动作分解 Action Break Up /169  
动作分析 Action Analysis /175  
动作模拟 Action Simulation /174  
动作演示 Action Demonstration /174  
蹲行步态 Squatting Gait /158  
多维疼痛调查表 West Haven-Yale Multidimensional Pain Inventory /206  
多维疼痛量表 Multidimensional Pain Inventory /206

## F

反常呼吸模式 Abnormal Breathing Pattern /87  
反馈 Feedback /173  
菲克定律 Fick's Law /193  
肺活量 Vital Capacity /84  
肺栓塞 Pulmonary Embolism /43  
肺通气功能障碍 Pulmonary Ventilation Dysfunction /87  
肺总量 Total Lung Capacity /83  
峰值耗氧量 Peak Oxygen Consumption /192  
峰值摄氧量 Peak Oxygen Uptake /192  
副交感神经系统 Parasympathetic Nervous System /29

## G

改良 Barthel 指数 Modified Barthel Index /206  
感觉关键点 Sensory Key Point /34  
膈波影 Phrenic Wave /94  
功能残气量 Functional Residual Capacity /84  
功能性电刺激 Functional Electrical Stimulation /109  
功能性神经肌肉刺激 Functional Neuromuscular Stimulation /163  
功能独立性评估量表 Functional Independence Measure /52  
股四头肌麻痹无力 Quadriceps Paralysis Or Weakness /161  
骨质疏松 Osteoporosis /47  
关键肌肉 The Key Muscles /177  
关节挛缩 Joint Contracture /215  
国际残损、残疾和残障分类 International Classification of Impairment, Disability and Handicap /51  
国际功能、残疾和健康分类 International Classification of Functioning, Disability and Health /51

国际脊髓学会 International Society for Spinal Cord Injury /11  
 国际截瘫医学会 International Medical Society of Paraplegia /10  
 腓绳肌无力 Hamstring Myasthenia /161  
 过用综合征 Overuse Syndrome /212

## H

海绵坐垫 Spongy Cushion /226  
 红核脊髓束 Rubrospinal Tract /28  
 后根 Posterior Root /17  
 后角综合征 Syndrome of Posterior Horn /37  
 呼吸系统 Pulmonary System /80  
 呼吸音 Respiratory Sound /96  
 呼吸运动 Respiratory Movement /80  
 踝足矫形器 Ankle Foot Orthosis /151  
 混合矫形系统 Hybrid Orthosis System /164  
 活动障碍 Activity Disorder /52

## J

肌腱转接术 Tendon Transfer /123  
 肌力训练 Muscle Power Training /178  
 肌肉痉挛 Muscle Spasm /215  
 肌肉萎缩 Muscle Atrophy /225  
 肌源性干细胞 Muscle-Derivedstem Cells /267  
 脊神经根 Spinal Nerve Root /17  
 脊神经节 Sumal Ganglia /17  
 脊髓 Spinal Cord /14  
 脊髓半切综合征 Syndrome of Hemisection of Spinal Cord /36  
 脊髓横断综合征 Syndrome of Complete Transsection of Spinal Cord /36  
 脊髓后索 Posterior Funiculars /20  
 脊髓后索损伤综合征 Syndrome of Posterior Funicular Lesion /22  
 脊髓后索综合征 Syndrome of Posterior Funiculus /37  
 脊髓前角综合征 Anterior Cervical Cord Syndrome /39  
 脊髓丘脑侧束 Lateral Spinothalamic Tract /23  
 脊髓丘脑前束 Anterior Spinothalamic Tract /23  
 脊髓丘脑束 Spinothalamic Tract /23  
 脊髓损伤 Spinal Cord Injury /14  
 脊髓损伤独立能力评估量表 Spinal Cord Injury Independence Measure /52



脊髓损伤中心 The Center of Spinal Cord Injury /8  
脊髓小脑后束 Posterior Spinocerebellar Tract /24  
脊髓小脑前束 Anterior Spinocerebellar Tract /23  
脊髓小脑前束 Anterior Spinocerebellar Tract /24  
脊髓小脑束 Spinocerebellar Tract /24  
脊髓休克 Spinal Shock /35  
脊髓圆锥综合征 Conus Medullaris Syndrome /39  
脊柱不稳 Spinal instability /42  
脊柱椎管 Vertebral Canal /16  
加拿大截瘫医学协会 Canadian Paraplegic Association /9  
脊髓上圆锥综合征 Conus Supraspinal Syndrome /40  
简明疼痛评估量表 Brief Pain Inventory /205  
间充质干细胞 Mesenchymal Stem Cells /266  
肩关节半脱位 Shoulder Subluxation /210  
减重平板训练 Body Weight Supported Treadmill Training /164  
简明疼痛问卷 Brief Pain Questionnaire /205  
渐进抗阻训练 Progressive Resistance Training /183  
渐退抗阻训练 Fading Resistance Training /183  
腱式抓握 Tenodesis Grasp /116  
鉴别关键问题 Identification of Key Problems /52  
交感神经系统 Sympathetic Nervous System /29  
截瘫 Paraplegia /14  
截瘫矫形器 Paraplegic Orthosis /146  
精神障碍 Mental Disorder /201

## K

康复机器人 Rehabilitative Robot /164  
抗阻训练 Resistance Training /183  
咳嗽峰值流速 Cough Peak Expiratory Flow /84  
咳嗽功能 Cough Function /95  
空气转移法 Air Transfer Method /99  
恐惧回避信仰问卷 The Fear-avoidance Beliefs Questionnaire /206  
髋膝踝足矫形器 The Hip-Knee-AnkleFoot Orthosis /150  
髋引导式矫形器 Hip Guidance Orthosis /151

## L

Litten 现象 Litten Diaphragm Phenomenon /93

力矩 Moment of Force /181  
 两点步 Two-Point Gait /154  
 疗效评估 Evaluation of Curative Effect /78  
 轮椅扶手 Wheelchair Handrail /234  
 轮椅附件 Wheelchair Accessories /225  
 轮椅使用者肩痛指数 The Wheelchair User's Shoulder Pain Index /206  
 轮椅坐垫 Wheelchair Cushion /225

## M

马尾综合征 Syndrome of Cauda Eguina /41  
 迈过步 Swing-ThroughGait /154  
 迈至步 SwingTo Gait, Drag-To Gait /154  
 Mc-Gill 疼痛调查问卷 Mc-Gill Pain Questionnaire /204  
 慢性疼痛 Chronic Pain /213  
 每搏输出量 Stroke Volume /194  
 美国脊柱损伤协会 American Spinal Injury Association /10  
 美国截瘫协会 American Paraplegia Society /10  
 美国心脏协会 American Heart Association /198  
 美国运动医学学会 American Society Of Sports Medicine /197  
 目标设定 Target Setting /66

## N

脑 - 机接口 Brain-Computerinterface /268  
 脑 - 机械接口 Brain-Machine Interface /268  
 内侧纵束 Medial Lonsitudinal Fasciculus /29  
 内呼吸 Internal Respiration /80  
 能量储备型矫型器 Energy Storage Orthosis /164  
 凝胶坐垫 Gel Cushion /226

## P

膀胱功能障碍 Bladder Dysfunction /46  
 泡沫坐垫 Foam Cushion /226  
 胚胎干细胞 Embryonic Stem Cells /266  
 皮质脊髓束 Corticospinal Tract /28

## Q

前根 Anterior Root /17  
 前庭脊髓束 Vestibulospinal Tract /28

倾斜角 Inclination Angle /234  
情绪状态量表 Profile of Mood States /208  
驱动型步态矫形器 Driven Gait Orthosis /164

## R

人工辅助咳嗽 Assisted Coughing /103  
任务导向训练 Task Oriented Training /166  
闰绍细胞 Renshaw Cell /44

## S

伤害性疼痛 Nociceptive Pain /209  
上路边石 Ascent The Kerb /253  
上行神经传导通路 Ascending Nerve Conduction Pathway /20  
舌咽呼吸 Glossopharyngeal Breath /110  
深静脉血栓 Deep Venous Thrombosis /43  
深吸气量 Inspiratory Capacity /83  
神经病理性疼痛 Neuropathic Pain /209  
神经病理性疼痛自测量表 Neuropathic Pain Scale /204  
神经电刺激 Neuromuscular Electrical Stimulation /268  
神经干细胞 Neural Stem Cells /266  
神经根 Nerve Root /18  
施万细胞 Schwann Cells /267  
世界卫生组织 World Health Organization /51  
视觉模拟评分法 Visual analogue scale /204  
手动轮椅 Manual Wheelchair /231  
手功能 Hand Function /114  
数值评定量表 Numerical rating scale /204  
双水平气道正压支持 Bihorizontal Positive Pressure Support /108  
四点步 Four-Point Gait /154  
四肢瘫 Tetraplegia, Quadriplegia /14  
四肢瘫患者功能指数 The Quadriplegia Index of Function /206  
四肢瘫患者功能指数 The Quadriplegia Index of Function /56

## T

疼痛强度评定 present pain intensity /204  
疼痛自我效能问卷 Pain Self-Efficacy Questionnaire /206  
体位引流 Position Drainage /103  
头臀关系 Head-Hip Relationship /133

徒手肌力评定 Manual Muscle Power Test /178  
 瓦氏反应 Valsalva Effect /182  
 外呼吸 External Respiration /80  
 网状脊髓束 Reticulospinal Tract /29  
 往复式步行矫形器 Reciprocating Gait Orthosis /151  
 无支撑坐位 Unsupported Seat /124

## X

吸入性肺炎 Aspiration Pneumonia /92  
 希氏长凳 Hippocrates Bench /3  
 膝过伸步态 Knee Hyperextension Gait /158  
 膝踝足矫形器 Knee Ankle Foot Orthosis /150  
 细胞外基质 Extracellular Matrix /268  
 下路边石 Descent The Kerb /254  
 下行神经传导通路 Descending Nerve Conduction Pathway /20  
 下肢外骨骼机器人 Lower Limb Exoskeleton Robot /270  
 楔束 Cuneatus /20  
 心肺功能 Cardiopulmonary Function /190  
 心理社会因素 Psychosocial Factors /214  
 心输出量 Cardiac Output /193  
 心血管功能障碍 Cardiovascular Dysfunction /190  
 性功能障碍 Sexual Dysfunction /46  
 胸廓活动 Thoracic Activity /94  
 胸廓松动技术 Thoracic Loosening Technique /99  
 嗅鞘细胞 Olfactory Ensheathing Cells /267  
 血管生长因子 Vascular Growth Factor /189  
 训练视频 Training Video /174

## Y

压疮 Pressure Sore/Ulcer /48  
 亚极量手臂试验 Subextreme Arm Test /192  
 摇杆控制器 Rocker Controller /249  
 异位骨化 Heterotopic Ossification /47  
 有氧训练 Aerobic Training /197  
 运动处方 Exercise Prescription /196  
 运动方式 Exercise Mode /196  
 运动阶段性学习理论 Motion Phased Learning Theory /167



运动频率 Exercise Frequency /196  
运动强度 Exercise Intensity /196  
运动图式理论 Motion Schema Theory /166  
运动指令 Motion Instruction /174

## Z

站立训练 Standing Training /149  
直立性低血压 Postural Hypotension /45  
中间连接矫形器 Medial Linkage Orthosis /151  
中枢神经 Central Nerve /20  
中央感觉迟钝综合征 Central Dysaesthesias Syndrome /208  
中央索综合征 Syndrome of Central Cord Lesion /37  
周围神经 Peripheral Nerve /18  
肘关节锁定 Elbow Joint Lock Mechanism /133  
主动呼吸循环技术 Active Cycle of Breathing Techniques /102  
锥体束 Pyramidal Tract /27  
自我牵伸 Self Stretch /218  
自主神经反射不良 Autonomic Dysreflexia /45  
足下垂 Foot Drooping /157  
最大呼气流速 – 容积曲线 Maximum Expiratory Flow Volume /84  
最大呼气流速 Maximum Expiratory Flow /84  
最大呼气压 Maximum Expiratory Pressure /84  
最大吸气压 Maximum Inspirailooy Pressure /84

# 后 记

自 2012 年访问英国 The Midlands Centre for Spinal Injuries 以来，我们许光旭教授团队一直致力于脊髓损伤综合康复的临床与研究工作，其中物理治疗是最为重要的研究内容之一。本书即着重介绍针对脊髓损伤患者的功能障碍和各种并发症防治所采取的物理治疗技术。

脊髓损伤是一种严重的伤病，大多数患者一旦遭受脊髓损伤，可能余生都处于残疾状态，这对患者本人、家庭和社会都是一项极大的挑战。英、美、德、澳等发达国家经过数十年的努力和实践，已经改观了这一现象。他们不仅重视临床问题的处理，而且在对患者的康复、教育和社会回归等各方面都积极促进和应对。我们也应该从一开始就按照生物-心理-社会医学模式的框架做出思考，在基础工作中积极影响患者、家属和护理人员，甚至周围的人，这是我们的职责所在，也是为脊髓损伤患者开启新的人生和重回社会做好各个层面的准备工作。基于此，我们每年数次在学术会议上、非学术活动上大力推进有关脊髓损伤康复技术、社会回归促进等方面的工作，也督促和鼓励患者成立社会团体，为这个群体发出更大声音，呼吁社会各界重视这项工作的同时，也提升他们自己走出去的自信心。所幸，工作起色明显，越来越多的患者走出家门、走进工作岗位、走向社会，这不仅是康复医疗工作的进步，更是社会文明的进步。

在本书的编写工作中，我们得到了国际国内不少专家的大力支持和帮助。尤其是现侨居于英国的王大觉教授，他虽年至耄耋，但对祖国的热爱和对国内康复医学，乃至整个医学事业的强烈使命感深深地感染着我们团队的每一位成员，也督促我们努力工作，不断前进。他的工作为本书吸纳更多国际先进思想和技术提供了机会。国内康复医学创始人之一的周士枋教授虽年事已高，也多次亲自参与教学查房，详细分析临床病例，分享国际前沿医学科技知识，帮助我们制订更加科学的康复治疗方​​案。周老孜孜不倦的治学作风鞭策和督促我们更加积极认真地进行本书的编写工作。

本书的编写工作还得到国内很多同仁、患者和家属的帮助和支持。我们在前期文字处理工作和文献查阅等方面调动各方力量，其中不乏研究生和进修、实习人员。本书绝大多数图片均为真实患者的照片，尤其是柳维、史康腾、王文宝、谭清所、吴国华等人，他们在照片拍摄和后期制作过程中都给我们提供了热情的支持和帮助。拍摄照片时，有些患者虽然体能较弱，但仍然咬牙坚持，用他们自己的话说，这是能为更

多像他们一样遭遇命运不公的伤友提供帮助的最好机会。正是在他们的努力下，本书才得以让很多知识点能真实明了的体现，也正是在他们乐观精神的鼓励下，我们一遍又一遍地修改书稿，争取能用更多实用和前沿的知识回报他们，回报康复事业！在此，我们深深地感谢他们为《脊髓损伤物理治疗学》一书的编纂付出的心血！

在本书编纂的五年多时间里，由于占用了大量的业余时间，也因此增加了我父母、岳父母和妻子的家务负担。期间，儿子和女儿的出生和成长也主要靠他们来照顾和抚养，在此，我谨把此书作为礼物送给我亲爱的家人，以示感激与慰问！



2018年4月